Forensic anthropology

贾静涛　主编

法医人类学

辽宁科学技术出版社

Forensic anthropology

贾静涛 主编

法医人类学

辽宁科学技术出版社

Forensic anthropology

法医人类学

贾静涛　主编

辽宁科学技术出版社

主　编　贾静涛

副主编　孙尔玉

编　者　（依姓名笔画为序）

邓　燕　孙尔玉

宋宏伟　李春彪

林子清　张　学

贾静涛

法医人类学

Fayi Renleixue

贾静涛　主编

辽宁科学技术出版社出版

（沈阳市和平区北一马路108号　邮政编码110001）

辽宁省新华书店发行　朝阳新华印刷厂印刷

开本：787×1092　1/16　印张：51¾　字数：1100,000　插页：5

1993年4月第1版　1993年4月第1次印刷

责任编辑：廉　翰　版式设计：李　夏

封面设计：曹太文　责任校对：周　文　东　戈

插　图：刘元健等　摄　影：孙　雁　李庆生

印数：1—2,031

ISBN　7-5381-1510-2/R・243　定价：49.00元

（辽）新登字4号

内 容 提 要

《法医人类学》一书是在这一学科已有成就的基础上，作者广泛收集近年来国内外最新研究成果，并结合自己的研究成就而编写的。全书共分五篇，包括法医骨学、法医牙科学、指纹遗传及其在法医人类学上的应用、毛发和微观水平的性别鉴定。共计三十七章，一百余万字，照片及插图 312 幅。该书是目前国内外内容最广泛，并有相当深度的法医人类学参考书。可供公检法系统的法医工作者，大专院校中的法医学、人类学、解剖学教师和研究生，法医学专业学生以及有关研究机构中的研究人员阅读。

前　言

随着我国四化建设事业的飞速发展和社会主义法制的日益加强，我国公安、检察、法院各系统的法医工作也在迅速发展和加强。在集体灾祸的个人识别中，在无名尸骨、碎尸案、火烧尸等的检验鉴定中都需要法医人类学知识的辅助。在公检法各系统法医工作发展的同时，各高等医学院校法医专业教育也有了很大的发展。

为了进一步提高法医专业教学水平，培养优秀的专业学生，我国急需法医人类学方面的专著问世。但由于目前国内外缺乏法医人类学方面的参考书，特别是缺乏能反映中华民族特点，适于我国法医工作者实际应用的参考书，在辽宁科学技术出版社的大力支持下，1988 年初，我们决心编写这部书。经过四年多的努力，本书终于和读者见面了。

骨骼、牙、毛发和指纹向来是体质人类学者所研究的对象，法医人类学也不例外。但以往的法医人类学书籍大都以骨骼为主，旁及牙齿；本书结合我国法医学专业发展的特点，不仅拓宽了法医牙科学的内容，而且对毛发检查的理论与应用、肤纹遗传的理论与应用以及微观水平的性别鉴定等多所涉及，其内容之广泛与深入是国外同类书籍所未曾一见的。

尽管中国医科大学法医学系在国内第一个建立了法医人类学教研室，成功地进行了法医学专业的教学，但是由于师资水平所限，编著这样一部水平要求很高的参考书，实在是心有余而力不足，书中所出现的各种疏漏与错误，欢迎读者诸君不吝赐教，以便在本书再版时更臻完善。

本书所用骨骼测量标准，主要来自吴汝康、吴新智、张振标编著的《人体测量方法》（科学出版社，1984）和邵象清编著的《人体测量手册》（上海辞书出版社，1985）。

本书所收内容，其文责一律由各位编著者自负。

编　者

于中国医科大学法医学系

1991年12月

目　录

第三篇 肤纹等遗传性状在法医人类学上的应用

717193

第四篇 毛 发

绪　论

一、概念

人类学（anthropology）是一门研究人类本身的科学，是研究人类的体质特征、类型及其变化规律的科学，是把人类体质与文化结合起来进行研究的科学。

人类学的研究对象不是个人而是群体。包括种族、民族、部族、氏族或其他社会组织等。人类学研究世界各地和各个历史时期的人群，用比较的方法去发现他们之间的相似和差异，从而对整个人类的起源和特性求得较为全面而确切的认识。

人类学既是自然科学的一部分，又是社会科学的一部分，涉及到考古学、古生物学、民族学、宗教学和优生学等，归于边缘学科。

人类学形成于 19 世纪 30 年代至 70 年代，是近代科学技术发展的自然结晶。拉马克和达尔文的进化论学说，布鲁门巴赫的人种分类，皮尔特坎坡的人体测量技术以及近代语言学的出现，为人类学研究提供了理论和方法。于是，人类学逐渐形成为独立的学科。

人类学分为体质人类学和文化人类学两部分，或分为体质人类学、文化人类学和应用人类学三部分，其研究内容各有区别。

体质人类学（physical anthropology）又称自然人类学，是研究人类体质及其类型在各历史阶段变化与发展的过程及其规律的科学。其所研究的主要内容包括：人类在自然界的地位，灵长类的形态及行为习性，从猿到人的转变过程和发展规律，各人种各民族的体质特征及其形成过程，现代人各种体质类型和个体及年龄的变化，各种生活条件和社会劳动等社会因素对人体的影响。

体质人类学又可分为古人类学和今人类学两大部分。

古人类学（paleoanthropology）是根据人类化石和猿类化石的研究，探讨人类的起源和发展过程及其规律、早期的人类生产活动、生活活动状况和社会组织等。由于古人类

学的研究现在已经确知，距今约100—400万年前，非洲已经存在肯定与人类进化有关的南方古猿；距今约20—100万年前，爪哇、中国、欧洲、非洲等许多地点，已存在更为像人的猿人；距今约20万年前，在欧、亚、非各地出现了在形态上介于猿人与现代人之间的智人，即类似现代人类的化石人类。说明现代人类是经由几个不同的形态阶段而自古猿逐渐演化来的。至于人类起源地点究竟是非洲或亚洲，尚有待证明。澳洲由于无高等哺乳类的进化，美洲由于只有猴类而没有高等的猿类，这两个洲不会是人类起源的地点。

今人类学（neoanthropology）主要研究现代人类的体质特征和类型，人群的生理、生化特征和灵长类行为等。今人类学中的一个重要领域是群体遗传学（population genetics），研究各民族群体的遗传体质趋于稳定或趋于变异的遗传问题。另一重要领域是人体测量学（anthropometry），它是体质人类学研究的基本方法。

应用人类学（applied anthropology）是用人类学的理论与技术研究并解决国民经济、公安司法、卫生体育等部门中有关问题的科学。

法医人类学（forensic anthropology）就是应用人类学的一种，是应用人类学知识研究并解决有关法律问题的一门学科。

法医人类学的经典概念主要指的是法医骨学。法医骨学（forensic osteology）是以骨骼（包括牙）为对象，运用医学、人类学及其他自然科学的理论与技术研究并解决司法实践中有关问题的一门医学科学。

二、对象、任务与内容

（一）对象

经典的法医人类学主要以骨骼（包括牙）为对象，当尸体腐败、白骨化或火烧、炸毁、腐蚀、碎尸后的残骸，需要鉴定身源，解释损伤和死因时，主要依靠骨骼检查，以解决是否受害者、受难者或失踪者。

实际上，法医人类学的研究对象要更广泛一些，按照Kerley的概念，还包括毛发、手纹、足纹、血型、照片等。

法医人类学与体质人类学的研究对象大体上是相同的，所不同的是，体质人类学以群体为对象，并用于群体的比较；法医人类学则是以个人为对象，利用的是体质人类学的标准技术，用之于个人识别或亲权鉴定。法医人类学有时也研究群体的遗传稳定性和变异性，但侧重于如何用于个人识别和亲权鉴定。例如研究某些骨骼的平均值，目的是用于个人而不是对比群体。

（二）任务

法医人类学的主要任务有二：个人识别和亲权鉴定。

1. 个人识别（personal identification）是以个人为对象，用科学的方法研究其是否确系某人，或与某个人是否为同一人。包括：

（1）研究某罪犯有无前科：用对比正侧面像、指纹、掌纹等判断。

（2）研究现场遗留物证：如研究现场发现的头发有何个人特征，并与嫌疑人的毛发比对，认定二者是否同一。

（3）研究集体灾祸（mass disasters）：如飞机失事时检查牺牲者的骨骼和牙以识别个人。

（4）由发掘的骨骼、发现的尸块研究个人特征：主要对其身长、性别、种族、年龄等进行推断，并与嫌疑人比对。如有颅骨，也可用颅相重合技术，与可疑失踪人照片比对，认定是否同一人。

（5）研究尸骨的个人特征，以便家属认领。

2. 亲权鉴定　亲权鉴定（paternity diagnosis）是运用医学与其他自然科学的方法来确定有无亲子关系。又称为父权鉴定。

常用于亲权鉴定的方法有四：血型、DNA 指纹技术、产科学的方法和人类学的方法。法医人类学的亲权鉴定主要内容有：

（1）研究指纹、掌纹、足纹的遗传规律，用于亲权鉴定；

（2）研究亲子间容貌的相似性；

（3）根据耳垢型、PTC 味盲的遗传。

（三）内容与范围

关于法医人类学的范围与内容，Warren（1978）与 Krogman（1986）提出了如图绪—1 所示的八个方面。法医人类学的内容是由来自这八个方面的知识综合构成的。这主要是以骨骼和牙为研究对象而提出的。用以解决性别、年龄、身高以及种族等个人识别乃至个人同一认定等问题。

本书所指的范围与内容要比上述更为广泛而深入，可以概括为以下五个方面。

1. 法医骨学

（1）是否人骨，是一人骨或多人骨的鉴识；

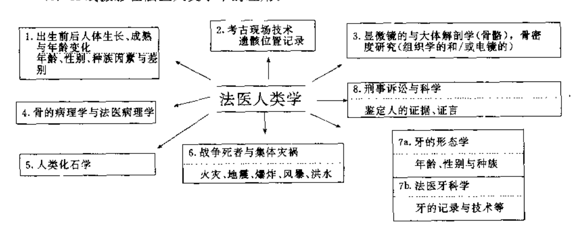
（2）身高、性别、种族、年龄的鉴识；

（3）有无骨骼先天性畸形或病理性改变以及其他值得注意的个人特征；

（4）死亡时间或入土年限的推定；

（5）颅骨的身源鉴定，包括面貌复原法和颅相重合技术；

(6) X 线摄影在法医人类学中的应用。



图绪—1　法医人类学的范围

2. 法医牙科学

(1) 根据牙的形态特点鉴识种族、口腔内的位置、年龄、职业或风俗习惯；

(2) 根据牙的组织学和生物化学特点鉴识年龄；

(3) 根据牙作用于人体或某些物体上所留下的痕迹（咬痕），进行个人识别；

(4) 根据义齿的质量、形态及制作技术进行个人识别；

(5) 根据牙及牙弓的形态，牙的修复特征进行个人同一认定；

(6) 唇纹及其在法医人类学中的应用。

3. 肤纹及其他遗传特征在法医人类学中的应用

(1) 指纹纹型及总纹线数的遗传规律及其在亲权鉴定中的应用；

(2) 掌纹与足纹的遗传规律及其在亲权鉴定中的应用；

(3) 耳垢型、PTC 味盲的遗传。

4. 毛发

(1) 人毛与动物毛的鉴别，何种动物毛的鉴别；

(2) 毛发的部位及其他个人性的鉴别；

(3) 毛发的损伤与成伤物体的推定；

(4) 有无染发以及理发后经过时间的推定。

5. 微观水平的性别鉴定

(1) 用性染色质：X 染色质、鼓槌及 Y 染色质对性别的鉴定；

(2) 用 H—Y 抗原、性激素对性别的鉴定；

(3) 用 Y 染色体特异 DNA 探针对性别的鉴定。

(4) 用 PCR 技术对性别的鉴定。

三、法医人类学与法科学及法医学

法医人类学就其研究手段来说属于应用人类学的一部分，或属于体质人类学的一个分科。然而，如就其应用范围而言，法医人类学是应用人类学知识研究并解决有关法律问题的一门学科，因而应属于法科学的一个分科。

法科学（forensic science）是运用一切医学、生物学、物理学、化学的理论与技术，解决刑侦、审判以及民事诉讼中有关问题的一门自然科学。法医人类学作为法科学的一个分科，应称为法人类学。从这一意义出发，法科学的其他分科包括：法医学（法病理学、临床法医学）、法精神病学、法血清学、法毒理学、法毒物分析、刑事科学技术、医事法学及其他等等。这是目前国际上对法科学的比较一致的分类方法。

在我国，国家规定进行法医学专业教育，将法医学列为医学教育的第六大门类。将上述有关学科一并列人法医学专业范围，分别称为法医病理学（forensic pathology）、临床法医学（clinical forensic medicine）、法医物证学（forensic physical evidence，包括法医血清学 forensic serology 和法医人类学 forensic anthropology）、法医毒理学（forensic toxicology）、法医毒物分析（forensic toxicological analysis）和法医精神病学（forensic psychiatry）等，并分别编写有统一的专业教材。

（贾静涛）

四、种族与民族

（一）种族的概念

种，又称物种或生物种。同一个种（物种或生物种），除有同种构造、习性和机能外，还可以相互交配，产生有生殖能力的后代，但与其他种的群体是生殖隔离的。如人与兽交配，不能生殖；猪与狗交配不能生殖等等。

种族，又称人种（Race），是指在体质形态上具有某些共同遗传特征的人群。所谓共同的体质形态的遗传特征，主要是指皮肤的颜色，头发的形状和颜色，眼、鼻、唇的形状等等。

从生物学角度来看，种族（人种）不是不同的种（物种或生物种）。世界上的种族（人种）都是属于一个种（物种或生物种）——智人种（Homosapiens）。所以，世界上各人种之间可以相互婚配，并能产生有生殖能力的后代。世界上不同的种族（人种），只是由于在各个群体之中存在着不同的基因频率而产生的群体之间的差别。

种族（人种），与民族不同。民族，不是根据体质形态特征来区分的，而是根据语言、生活的地域及习惯、经济生活及共同的历史经历等，而组成的群体。一个种族（人种），

可以包括一个或几个民族。如黄种族（黄种人），分布于东亚许多国家（如中国、日本、蒙古等），并各自又分化出许多民族，如中国的汉族、满族、回族、鲜族等等，共五十多个民族。

（二）种族的分类（人种的划分）

根据群体之间的体质形态上的遗传特征的不同，早在 1775 年，德国的布鲁门巴赫（Johann F. Blumenbach）把世界上的人划分为 5 个人种（种族），即白种人、黄种人、黑种人、红种人及棕种人等。以后，又相继有人进行过两分法，最多达五、六十种分法（库恩〔C. S. Coon〕，1976）。

目前，最通常的分法是三分法或四分法。三分法包括：蒙古人种（又称黄种或亚美人种）、高加索人种（又称白种或欧罗巴人种）、尼格罗人种（又称黑种或赤道人种）。四分法，是从黑人种中又分出一种——棕种（又称澳大利亚人种）。

（三）种族的体质特征与分布

1. 白种人　又称欧罗巴人种，或欧亚人种，约占世界总人口的 54%，是世界上人口最多的人种。

其体质形态特征是：皮肤呈白色、白红色或淡棕色。头发金黄而柔软，呈波形或直形。眼色发蓝，或呈灰棕色。胡须和体毛浓密。颧骨不高突。口唇较薄，口裂宽度较小。鼻高而窄，鼻孔的纵径较大，鼻尖突出，有的呈鹰钩状。

白种人，一般分为南方、北方两大支系。其中，南方支系的白种人，主要分布在南欧、北非、拉美及印度北部；其体质特征是：身材中等，肤色较浅，头发黑而平直，眼色发黑等。北方支系的白种人，主要分布在北欧；其体质特征是：身材高大，头发卷曲，眼色发蓝。此外，在南、北两大支系之间，还有一个中间型地带，主要是指分布在欧洲西部和东部的南斯拉夫民族，以及北美和澳大利亚的欧罗巴居民。

2. 黄种人　又称蒙古人种，或亚美人种，约占世界总人口的 37%，是世界上占第二位的人种。

其体质形态特征是：皮肤略带黄色、黄白色或浅棕色。头发乌黑而平直。眼色发黑或呈深褐色。胡须和体毛最为稀少。颧骨较高。面部扁平。口唇厚度适中。鼻梁较低。内眼角有内眦褶，外眼角稍向上斜，俗称“丹凤眼”。

黄种人，一般分为亚洲和美洲两大支系。其中，亚洲的黄种人，鼻子的宽度较小，主要分布在亚洲中部、东部、印度尼西亚和西伯利亚等地区；美洲的黄种人，鼻子的宽度较大，主要指美洲的土著民族，即印第安人和极地的爱斯基摩人。但是，美洲的印第安人，特别是北美的印第安人，在许多特征上，已开始接近于白种人。此外，欧洲的马扎尔人、芬兰人等也属于黄种人。

3. 黑种人 又称尼格罗人种，或赤道人种，约占世界总人口的 8.5%，是世界上占第三位的人种。

其体质形态特征是：皮肤颜色黝黑。头发细、短，呈黑色而卷曲，有的呈球状。眼色发黑。胡须和体毛较少。颧骨不十分突出。鼻宽而扁。口唇较厚并外翻，口裂宽度较大。

黑种人，大部分居住在撒哈拉以南的非洲、大洋洲及亚洲东南部的边缘地带。在 16 至 19 世纪期间，由于许多黑人被欧洲殖民主义者从非洲各地贩到美洲各国当奴隶或苦力，所以现有一大批黑人已定居在美洲各国，如美国、巴西、海地等。其中，海地的 90% 以上的居民是黑种人。

4. 棕种人 属黑种人的一种，是从黑人种中分出的澳大利亚人种，如美拉尼亚人、新几内亚人、巴亚布人及澳大利亚的土著民族等。

他们的体质特征是：皮肤呈棕色，或巧克力色。头发棕黑而卷曲。鼻子极宽，但高度中等。口鼻部前突。胡须和体毛发达。

棕种人，主要分布在澳大利亚、新西兰及南太平洋诸岛屿。

（孙尔玉）

参考文献

1. 贾静涛。略论法科学领域中若干学科的名称和概念。法医通讯。1982；3（2）：5—9。
2. 刘明俊。法医学的分支学科。法医学概论（贾静涛主编）。人民卫生出版社。1988：9-16。
3. Krogman WM, Iscan MY. The human skeleton in forensic medicine. Springfield; Thomas 1986：5".
4. 吴汝康。人类的起源和发展。第二版，科学出版社。1980。
5. 黄新美。体质人类学基础。科学普及出版社广州分社。1983：1—3。

第一篇　法医骨学

PART 1 FORENSIC OSTEOLOGY

法医骨学是以人体骨骼为对象，运用医学、人类学及其他自然科学的理论与技术，研究和解决司法实践中有关问题的一门医学科学。

法医骨学的研究内容，主要包括两大部分，即骨质损伤的检验和骨骼的个人识别。前者往往归属于临床法医学，或法医病理学；后者一般归属于法医人类学。

无论是进行骨质损伤的检验，还是进行骨骼的个人识别，均必须首先熟知人体骨骼的解剖学及其有关知识。

第一章　人体骨骼的解剖学（上）

第一节　概　　述

一、骨的种类

成人骨共有 206 块，按其所在部位不同，分成躯干骨、颅骨和四肢骨等三部分（图 1－1－1）；按其形态不同，又分为长骨、短骨、扁骨和不规则骨等四种。

长骨分布于四肢，如股骨、胫骨、掌骨和指骨等。其中间部较细，称为骨干，内有骨髓腔，容纳骨髓；两端膨大，称为骺（epiphysis）。未成年人，其干、骺之间有一层软

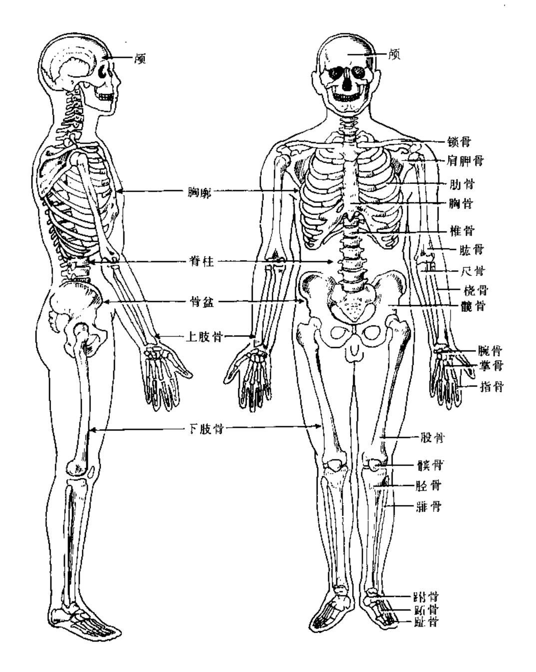


图 1—1—1　人体全身骨骼

骨，称为骺软骨。因此，干、骺之间是分离的。成年后，骺软骨钙化，干、骺之间呈骨性愈合，并于愈合处留有粗糙痕迹，称为骺线。骺软骨的钙化，有一定的时间，这对确定骨骼年龄有一定意义。

短骨分布于手和足，如手部的腕骨和足部的跗骨等。为近似立方形的骨块。扁骨分布于重要脏器周围，如颅顶骨、肋骨、胸骨和髂骨翼等，呈板状。不规则骨形状不规则，

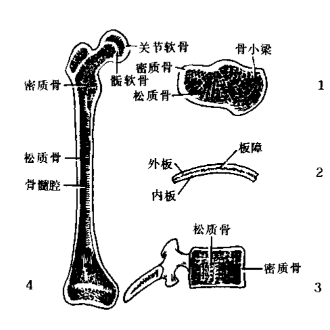
如椎骨、蝶骨和颞骨等。有的内部具有含气的腔隙，称为窦，如蝶窦、上颌窦等。

二、骨的构造

（一）骨的基本构造

骨（bone）主要由骨质、骨髓和骨膜三部分构成。（图 1—1—2）。骨质分密质骨（compact bone）和松质骨（spongy bone）。密质骨位于骨的表层，致密坚硬，耐压性大。成年后的密质骨，其厚度和抗张力的强度，随年龄增加而减小。松质骨位于骨的内部，呈海绵状，由互相交织的骨小梁构成，弹性较大。骨小梁的排列方向，大体上与压力及张力曲线一致。

密质骨和松质骨在各种不同的骨，其配布的情况不同，这与骨的功能是一致的。长骨骨干主要由密质骨构成，形成厚的管壁，中央是骨髓腔。因此，骨干部既轻便，又坚固，适于支持、负重和运动。长骨的骨骺和短骨，主要由松质构成，仅表面有一薄层密质。这种结构，既减轻了骨的重量，又扩大了骨的接触面积，增加了骨的稳定性。扁骨的内、外层都是密质，中间夹着松质，这对外力的冲击，具有一定的缓冲作用。颅顶骨是骨损伤的多发部位，了解扁骨，尤其是颅顶骨的构造及其性状，对分析颅顶骨损伤的法医学检验，将有重要意义。



1. 短骨　2. 扁骨　3. 不规则骨　4. 长骨

图 1—1—2　骨的内部构造

颅顶骨的内、外两层，分别称为内板和外板。外板较厚而坚韧，富有弹性，弧度较小，耐受张力大。内板较薄而松脆。故颅顶骨骨折，多见于内板。内、外板之间的松质，称为板障，内有弯曲的板障管，有板障静脉通过。内板、外板、板障及板障管的出现与年龄有关，6 岁以前的儿童及 50 岁以后的老人，内、外板及板障难以分辨清楚；板障管于 2 岁前多不易观察到；10 岁以前的儿童，其出现率可达 32%。

骨髓为柔软而富有血液的组织，分布于骨髓腔和松质骨的腔隙中，分为红骨髓和黄骨髓。胎儿和幼儿的骨髓，全部是红骨髓。5 岁以后，长骨骨干内的红骨髓，逐渐被脂肪所代替而变成黄骨髓。成年后，只有长骨两端、短

骨和扁骨含有红骨髓，并保留终生。骨髓的性状及其年龄变化特点，是法医学进行性别判别及年龄鉴定的依据之一。

骨膜是一层致密的结缔组织膜，紧贴在骨的表面（关节面除外），呈浅粉红色，坚韧，富有血管、神经和淋巴管等，对骨有保护、营养和新生的作用。骨膜的深层含有成骨细胞，幼年时参与骨的生长，成年以后处于相对静止状态，但在骨损伤时，能重新活跃，恢复造骨功能。所以，骨折时，如果骨膜剥离太多或损伤过重，破坏了成骨细胞，则易导致骨折愈合困难。

（二）　长骨的构造

长骨由松质骨、密质骨、骨膜、骨髓、关节软骨及血管、神经等构成（图1—1—3）。

松质骨位于长骨的骨骺部，由互相交织的骨小梁构成，并形成多孔隙的网架，其内充满红骨髓。

密质骨位于长骨的骨干部，由成层排列的内、外环骨板及其间的骨单位构成（图1—1—4）。分布于骨干外周部的环状骨板，称为外环骨板，厚约十几层，是由骨外膜内层的成骨细胞向骨面不断添加新骨而成。成年后，形成减缓或停止。分布于骨髓腔壁上的环状骨板，称为内环骨板，较薄，约有数层，并且排列不规则。在内、外环骨板层中，可见有与骨干相垂直的孔道，称为伏克曼氏管（Volkman's canal），横向穿行骨板层，并与骨单位的中央管相互连通，小血管由此可进入骨内。

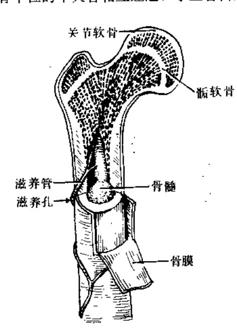


图1—1—3　长骨的构造

在内、外环骨板层之间，有若干个由5—20层同心圆排列的骨板围成的长筒状结构，称为骨单位（osteon），又称为哈佛氏系统（Haversian system）。其中央有一细管，称为哈佛氏管，其直径不等，约为20—100微米。哈佛氏管中央有小动、静脉、神经和淋巴管通行。哈佛氏管中的血管，与伏克曼氏管、骨外膜、骨内膜及骨髓腔中的血管相互连通。每个骨单位的表面有一层粘合质，呈强嗜碱性，含有大量的骨盐，在横断面的骨磨片上可见呈折光性较强的骨单位轮廓线，称为粘合线（cementing line）。在骨单位之间，还有一些不完整的骨板，方向不定，排列不规则，大都缺乏哈佛氏管，称为间骨板（interstitial lamellae），是旧有骨单位被吸收后残留的遗迹。

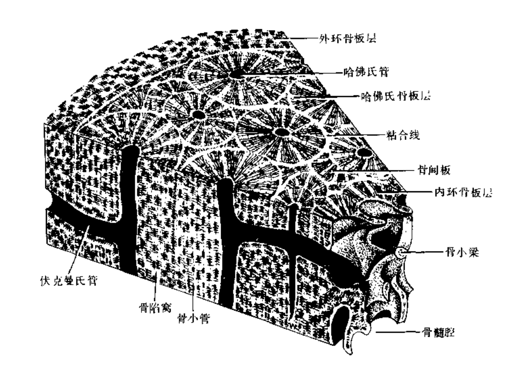


图 1－1－4　长骨骨干密质骨立体模式图

三、骨的发生与发育

骨发生（osteogenesis），又称为骨化（ossification），有两种方式。

（一）**膜性骨发生**（intramembranous osteogenesis）

膜性骨发生是由含有骨原细胞的结缔组织膜直接骨化而成，如额骨、顶骨及锁骨等少数骨。

在将要形成骨的部位，首先由间充质细胞密集，并分裂分化形成骨原细胞。部分骨原细胞转变为成骨细胞，并分泌类骨质将其包埋。类骨质钙化，在结缔组织膜内形成一个骨化中心，并形成许多呈放射状排列的原始骨小梁。骨小梁向四周不断扩展和加厚，形成海绵状的松质骨。骨膜内层的成骨细胞，在松质骨的表面不断造骨，形成密质骨。

（二）**软骨性骨发生**（cartilagenous osteogenesis）

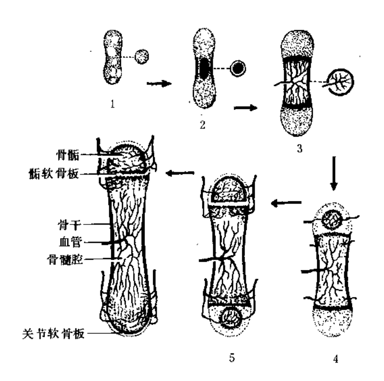
软骨性骨发生是由间充质先形成软骨雏形，然后在生长过程中逐渐替换成骨。如躯干骨及四肢骨等大多数骨。（图 1－1－5）

1. 软骨雏形的形成　胎生第 5 周左右，由间充质首先形成透明的软骨雏形，外面覆以软骨膜。

2. 软骨周骨化——骨领的出现　软骨雏形形成后不久，大约在胎生第6、7周左右，在软骨的相当于未来的骨干部，由软骨膜内层的骨原细胞分裂分化为成骨细胞。然后，以膜内成骨的方式，于软骨干雏形周围，形成一圈类骨质，称为骨领（bone collar）或骨环带。骨领不断增厚，并钙化为骨质，进而向骨的两端扩展，逐渐形成骨干。此时，骨领外表的软骨膜即转化为骨膜。

3. 软骨内骨化——初级骨化中心的出现　在骨领形成的同时，骨领以内的软骨细胞增生、肥大，软骨基质逐渐钙化。软骨内首次出现的这种变化，称为初级骨化中心。

4、软骨端骨化——次级骨化中心的出现　在胎儿出生前后，骨干两端（骺部）的软骨细胞肥大，基质钙化，形成新的骨化中心。由于形成较晚，故称为次级骨化中心。其骨化程序，与骨干相似。骨化中心不断向四周扩大，并在随血管进入骺部的破骨细胞和成骨细胞的分解吸收及进一步骨质化的作用下，不断生成骨小梁，最后形成骺部的松质骨。但在成年以前，骺、干之间始终保留一层具有生长能力的软骨层，称为骺板（epiphyseal plate）；在骺端（关节面）表面则终身保留一层透明软骨，称为关节软骨。



1. 软骨雏形　2. 初级骨化中心出现，骨领形成　3. 血管侵入，骨髓腔形成
4. 次级骨化中心出现　5. 长骨生长，不断加长和增粗

图1—1—5　软骨内成骨模式图

5. 骨髓腔的形成　在初级骨化中心形成的同时，随骨膜血管进入软骨内的破骨细胞，将钙化的软骨基质分解吸收，形成许多小腔隙，称为原始骨髓腔。以后，在初级骨化中

心由中央向两端不断扩大的同时，原始骨髓腔也由于破骨细胞的进一步分解吸收，而不断向两端及四周扩大，最后形成中空的骨髓腔，容纳骨髓。

6. 骨干的增粗　在骨髓腔不断扩大的同时，骨膜下的成骨细胞也在不断地增加骨质，并以膜内成骨的方式，在骨领周围不断添加新的骨质，使骨的横径不断加大，直至青春期为止。

7. 骨干的加长　主要靠骺、干之间的骺软骨板的不断增生和骨化来完成。其增生与骨化的具体程序如下（图 1—1—6）：

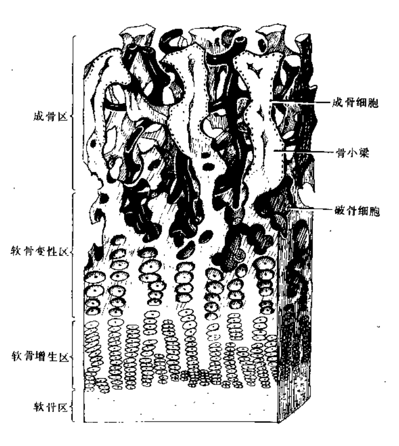


图 1—1—6　长骨骨干软骨内成骨

（1）软骨细胞静止区：为紧贴软骨两端的致密的静止软骨细胞层。其细胞体积小，数量多，面积大，多为幼稚的软骨细胞，起贮备作用。

（2）软骨细胞增生区：细胞体积变大，基质增多，每 10—12 个细胞沿软骨长轴纵行排列成行，每行的细胞都是由静止区的一个细胞分裂繁殖而来，使骨不断加长。

（3）软骨细胞变性与基质钙化区：软骨细胞膨大，近似球形或方形，并呈蜕变现象，基质减少，有钙盐沉积。

（4）成骨区：软骨细胞退化、死亡；基质进一步钙化，并逐渐吸收，形成小腔隙。成

骨细胞于腔隙周围造骨，形成骨小梁。

8. 骺板骨化——骺线的出现 骺板细胞在成年以前，不断分裂、分化，使骨不断加长；直至青春期末，其增生减弱，以至终止分裂，全部骨化，导致骺板消失，骺、干连成一体，并于骺板处形成一条骨化痕迹——骺线。

（三）骨化中心与骨龄

骨化中心，从胚胎第4、5周开始出现，至出生前为止，共计有308个。其中，在胚胎期出现218个，在胎儿期出现90个。出生后，又新出现382个。总计，人体一生共出现690个骨化中心。

骨化中心出现的时间及其骨性愈合的年龄，称为骨龄。各骨有各自的骨龄。各骨的骨化中心的出现时间及其愈合的情况也不一样。在同一年龄阶段中，有的骨发生新的骨化中心，有的骨则出现骨性愈合。多数骨由2个以上，个别的可由10个以上的骨化中心发育而成。同一个骨的各骨化中心，出现和愈合的时间也不一致。骨化中心出现的时间，还有个体差异。一般认为，骨化中心出现较早的，其变动范围较小，而出现较迟的，其变动范围较大。

（四）骨的生长速度及其与身体各部的比例关系

骨在新生儿期，约为体重的18%，这个比例几乎一直保持到成年期。骨从出生到成年，约增加20倍，但各部分的生长速度不同。头部的颅骨，在出生时占很大比例，而下肢骨的比例却很小。出生后，颅骨生长迅速，6岁时的颅容积即已达到成年人脑颅的90%。但脑颅的生长，直到性成熟以后还在不断进行。面颅在出生时，所占的比例很小，但以后随着咀嚼肌、鼻旁窦及牙的生长而逐渐增大，进而使上、下颌逐渐前突。下颌骨在12～20岁期间生长显著，颏部通常在16—23岁期间发育完全。四肢部的手骨与足骨最先发育，然后是前臂骨和小腿骨，最后是上臂骨和大腿骨。青年期的手骨与足骨的大小已与成年相近，而其他各骨通常要在手骨与足骨之后半年才达到最大生长速度。躯干骨的生长，大致与上臂骨和大腿骨一致。但骨盆的生长，至青春期才达到最高峰，使躯干的胸、腹部比例发生变化。由于足骨和小腿骨停止生长的时间在躯干骨和大腿骨之前，所以坐高与身长的比例，在性成熟以后反而略有升高。如新生儿的坐高占身长的70%，3岁时占57%，青年期占52%，而成年时又略为升高，占53—54%。

（五）骨的生长因素

骨的生长与发育，可受内因（遗传、激素）与外因（营养、维生素、劳动与锻炼等）的影响。其中，性激素对骨的生长和发育起重要作用。性激素是使骨在生长与发育过程中，在时间上存在性别差异和同一性别而存在个体差异的重要因素。一般说，性腺

早熟者，其骨骼成熟加速，骨骺愈合提前。在摘出睾丸的实验证明，骺软骨能获得较长时间的保留，骨加长的发育延迟。

其次，种族、地区及社会，诸如自然环境、生活习惯、居住条件、医药卫生、营养状态、学校教育及父母情况等，对骨的生长和发育均有一定影响。所以，在作骨骼检验或骨骼的个人识别时，均应注意上述各项，方能做出正确的判别。

第二节 躯干骨

躯干骨包括脊柱骨、胸骨和肋骨三部分。

一、脊柱骨

脊柱骨位于背部中央，构成人体的中轴，由多数椎骨、一块骶骨及一块尾骨构成。上端承托颅，胸椎与胸骨、肋骨连结成骨性胸廓，骶、尾骨与髋骨构成骨盆（图1—1—7）。

幼年时，脊柱骨由33个椎骨构成，即颈椎7块，胸椎12块，腰椎5块，骶椎5块及尾椎4块。每个颈椎、胸椎和腰椎等是一个独立的骨块，终生分离，互不愈合，总称为骶前脊柱骨。骶椎和尾椎到一定年龄时，分别互相愈合成一块骶骨和尾骨

（一） 脊柱骨的形态

1. 椎骨的共同特征　除第一、二颈椎外，其余22个独立椎骨，均具有共同特征（图1—1—8），即由前方的椎体和后方的椎弓构成，二者之间围成一孔，称为椎孔。所有椎孔串连成一管，称为椎管，容纳脊髓。

（1）椎体（vertebral body）：位于椎骨的前方，呈短圆柱形，中部略细，两端稍膨大。上、下面平坦而粗糙，有椎间盘附着。椎体主要由松质骨构成，仅表层有一薄层密质骨，受暴力外伤时，可被压扁，形成嵌入性骨折。

（2）椎弓（vertebral arch）：位于椎体后方，呈弓形，自椎体后面两侧发出。其连结椎体的部分较细，称为椎弓根，其余部分（后部）略呈板状，称为椎板。

椎弓根细而短，呈水平位，连结于椎体的后外侧。其上、下缘各有一凹陷，分别称为椎骨上切迹和椎骨下切迹。上位椎骨的下切迹与下位椎骨的上切迹相合围成一孔，称为椎间孔，有脊神经及血管通过。

（3）突起（process）：由椎弓发出7个突起，即向后方伸出一个棘突，向两侧各伸出一个横突，向上、下各伸出一对关节突。

2. 各部椎骨的特征

（1）颈椎：（cervical vertebrae）：共有7个，其主要特征是横突上有孔，称为横突孔（图1—1—9）。横突末端分成前、后两个结节，其中第6颈椎的前结节高面粗大。其

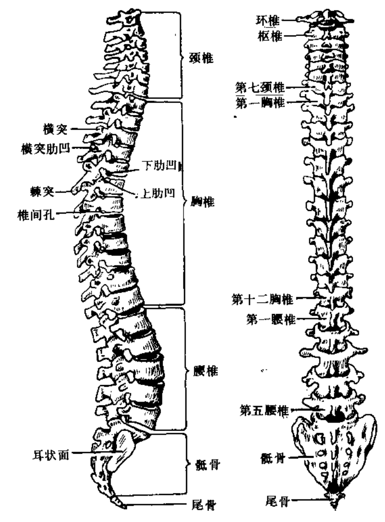


图 1—1—7　脊柱骨

次，椎体小，呈横椭圆形，其横径大于矢状径，上面在横径上凹陷，下面在纵径上凹陷，前面凸隆，后面平坦。此外，棘突末端分叉（除第 2、7 颈椎外）。关节突呈短柱状，关节面平滑，呈卵圆形，并近似水平位，故当颈椎受到斜行或横行暴力时，易导致向前、后或左、右方向脱位。

第 1 颈椎：呈环形，又名环椎，由前、后弓及两者间的侧块构成（图 1—1—10）。前弓，前面凸隆，中央部有一小结节，称为前结节；后面凹陷，称为齿突关节面，与枢椎的齿突相关节。后弓，较前弓长，曲度也较大，其后面中部凸隆，称为后结节。后弓与侧块连结处的上面，有一深沟，称为椎动脉沟。侧块上面凹陷，称为上关节凹，与枕骨形成关节；下面平坦，与枢椎形成关节。

第 2 颈椎：又名枢椎，其椎体上方有一指状突起，称为齿突（图 1—1—11）。齿突长约 1.5 厘米，根部略窄。

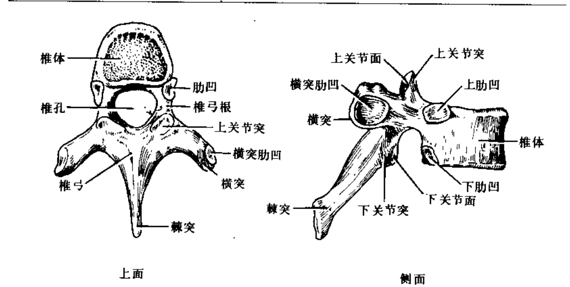


图1—1—8　胸椎

第7颈椎：又名隆椎，形状及大小与上部胸椎相似。其棘突近似水平位，长而粗大，末端不分叉而呈结节状(图1—1—11)，于皮下往往形成一隆起，故常作为辨认椎骨序数的标志。横突粗大，但横突孔较小。

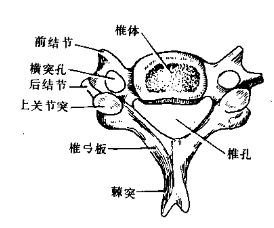


图1—1—9　颈椎（上面）

(2) 胸椎：(thoracic vertebrae)：共有12个，其主要特征是椎体两侧及横突上有肋凹(图1—1—8)，与肋骨小头及肋结节相关节。棘突长，斜向后下方，相邻棘突互相掩盖，呈叠瓦状。椎体呈短柱状，横切面呈心形，其矢状径比横径略长，前面在垂直径上凹陷，后面在横径上凹陷。关节突近似额状位，故不易发生脱位。椎板由上向下逐渐增厚。横突自上向下逐渐变短。

第1胸椎，椎体与颈椎相似，横径比矢状径大二倍。椎体上肋凹为圆形的全肋凹，较大，下肋凹较小。棘突厚而长，呈水平位，有时比第7颈椎还长。第3胸椎，椎体最小，矢状径开始增大。第4胸椎，椎体矢状径继续增大，横切面呈心形。第5—8胸椎，椎体矢状径继续增大，棘突最长，呈垂直位，并互相重叠。第9胸椎，只有上肋凹，而下肋凹往往缺如。第10胸椎，在椎体两侧近上缘处，各有一全肋凹，但有时也只有半个上肋凹；横突肋凹较小，或缺如。第11胸椎，椎弓根两侧各有一全肋凹；无横突肋凹；棘突呈三角形，上缘倾斜，下缘呈水平位。第12胸椎，椎体大，其两侧近上缘处，各有一圆形的全肋凹；横突小，且无横突肋凹。

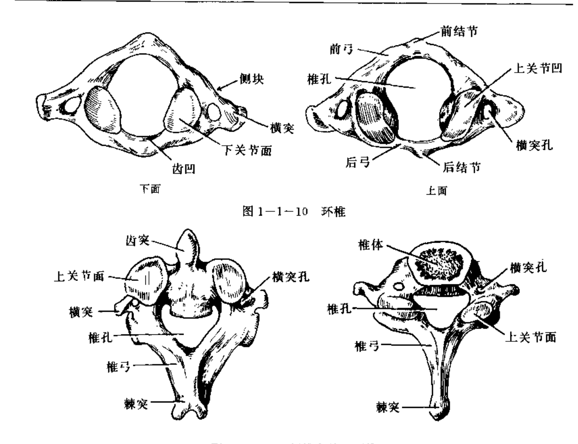


图1—1—10　环椎

图1—1—11　枢椎和第7颈椎

（3）腰椎（lumbar vertebrae）：共有5个，其主要特征是椎体高大，为所有椎骨中最大者（图1—1—12）。棘突为一长方形的骨板，呈矢状位，水平后伸。相邻棘突之间间隙较大。椎孔呈三角形，比胸椎大，但比颈椎小。关节突比胸椎粗大，呈矢状位，上、下关节突之间呈一内一外的位置关系，所以腰椎不易发生单纯性脱位，如果一旦脱位，则往往会合并一侧关节突骨折。上关节突的后缘，有一卵圆形的隆起，称为乳状突。横突根部的后下侧，有一小结节，称为副突。

第1、2、3腰椎，其两侧上关节突的距离，比两侧下关节突的距离大，横突逐渐增长，其中第3腰椎的最长。第4腰椎，其两侧上、下关节突的距离差别不明显，横突变短。第5腰椎，椎体最大，棘突为腰椎中最小者，横突短粗，呈圆锥形，两侧下关节突的距离较大。

（4）骶骨（sacrum）：由5个骶椎愈合而成，略呈三角形（图1—1—13）。底向上，与第5腰椎相接，其前缘向前突出，称为骶骨岬，为女性骨盆内测量的重要标志。底的后方，有三角形的大孔，称为骶管上孔，相当于第1骶椎孔。尖向下，与尾骨相接，年老时，多与尾骨愈合。骶骨两侧部，有耳状关节面，称为耳状面，与第2或第3骶椎的高度一致，由横突与肋突愈合面成，与髂骨相关节。耳状面的后方，骨面粗糙不平，称为

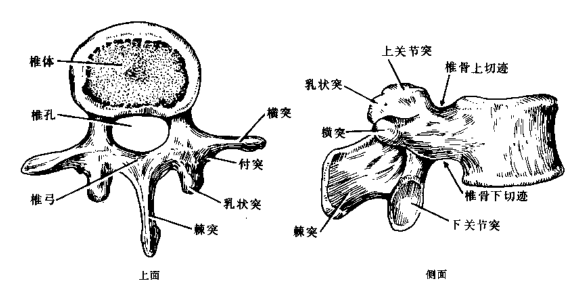


图1—1—12　腰椎

骶骨粗隆。骶骨前面，平滑凹陷，中部有4条横线，为5个骶椎愈合的痕迹。各线的两端均有一孔，称为骶前孔。骶骨后面，粗糙凸隆，在正中线上，有3—4个结节连接而成的纵形隆起，称为骶中嵴，为棘突愈合的痕迹。骶中嵴两侧的骨板，略微凹陷，由椎板融合而成。骨板的外侧，有一列不明显的纵行粗线，称为骶关节嵴，为关节突愈合后的痕迹。嵴的下端突出，称为骶角，相当于第5骶椎的下关节突。两骶角之间，有一缺口，称为骶管裂孔。骶关节嵴的外侧，有4个大孔，称为骶后孔，与骶前孔相通。骶后孔的两侧，有4个隆起形成的一条断续的粗线，称为骶外侧嵴，为横突愈合后的痕迹。

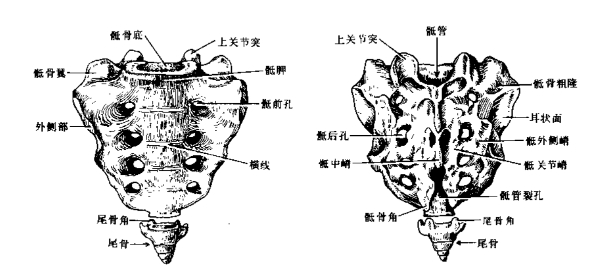


图1—1—13　骶骨和尾骨（前面）　　图1—1—14　骶骨和尾骨（后面）

骶管（图1—1—14）为椎管下端的延续部分，由各骶椎的椎孔连合而成，纵贯骶骨

全长，有上、下二口，两侧与骶前、后孔相通。

5. 尾骨（图1－1－13、14）：为三角形的小骨块，通常由4个尾椎愈合而成。上宽，下窄。幼年时，尾椎彼此分离，成年后，互相愈合成尾骨。

（二）脊柱的生长与变异

1. 脊柱骨的生长　人出生后，脊柱骨的生长速度较快，至5岁时，骶前脊柱各部分的比例，已接近于成人。成人的骶前脊柱全长为新生儿的3.3倍，其中腰部约增加3.9倍，胸部为3.3倍，颈部为2.9倍。可见，腰部（包括椎间盘）生长速度较快，每年约增长2.09mm，胸部为1.09mm，颈部最慢。

2. 脊柱骨的变异

（1）颈椎：①环椎出现部分或全部与枕骨愈合，出现率为1.17%；前、后弓可因骨化不全而出现分裂。②枢椎齿突分裂。③第3颈椎有时与枢椎愈合。④枢椎至第5颈椎的棘突不分叉，而6、7颈椎的棘突分叉。⑤第6颈椎棘突比第7颈椎的长，出现率为20%。第6、7颈椎的肋突，有时过度发育，形成颈肋，出现率为0.5%。

（2）胸椎：其数目可多至13个，或少为11个。胸椎之间可骨化愈合，出现率为1%。第1胸椎可出现单侧或双侧的双肋凹。第10胸椎的横突肋凹有时缺如。还可出现半边椎（只有半个椎体，一侧椎弓，一侧横突、关节突及半侧棘突）等。

（3）腰椎：多至6个或少为4个。第1、2、3腰椎的肋突，有时过度发育，形成腰肋，出现率为3%。副突可能过度发育而很长，也可能不发育而很短。两侧椎弓板发育不全或未愈合，而形成脊柱裂（spina bifida）。

（4）骶骨：骶椎的数目可出现4—10个。成年后的第1节骶椎不愈合，形成类似的第6腰椎（骶椎腰化），或第5节腰椎与骶骨愈合，腰椎少一块（腰椎骶化）。两侧椎弓板发育不全或未愈合，而形成脊柱裂（骶管后壁全部或部分裂开）。

（5）尾骨：其数目可多至5个，少为3个，或全部缺如。

二、胸骨

（一）胸骨的形态

胸骨（sternum）是长形的扁骨，位于胸前壁正中部的皮下，由上部的胸骨柄、中部的胸骨体和下部的剑突构成（图1－1－15）。

1. 胸骨柄　上部宽厚，下部窄薄。上缘中部，有一浅而宽的切迹，称为颈静脉切迹。切迹两侧，有向上后外方的关节面，称为锁骨切迹。下缘，与胸骨体相连；幼年时，两者之间有一薄层软骨，成年后则骨化为一体，并于连接处形成向前微凸的隆起，称为胸骨角，两侧与第2肋软骨相接。胸骨角处的骨质较薄，所以胸骨骨折易在此处发生。两

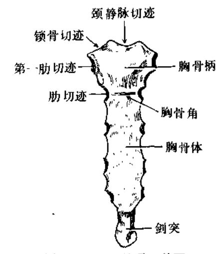


图1—1—15　胸骨（前面）

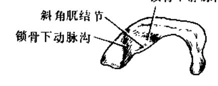
侧缘，斜向内下方，上部有一切迹，与第1肋软骨相接。

2. 胸骨体　为薄而狭的长方形骨板。前面微凸，并有3条横行的弱嵴，为4块骨骨化愈合后的痕迹。后面微凹，有3条粗涩的横线。两侧缘，各有3—4个肋切迹，分别与第3—6肋软骨相接。

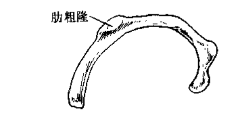
3. 剑突　薄而狭长，有的向前弯曲或向一侧倾斜，有的下端呈尖状或叉状，或穿孔等。于胸骨体连接处的两侧，各有一半肋凹，与胸骨体合接第7肋软骨。

（二）胸骨的变异

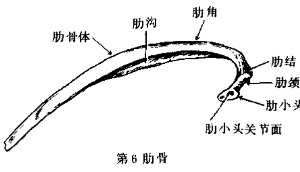
胸骨的原基，来源于两侧肋软骨前端的软骨带，如愈合不好或不愈合，则出现胸骨裂或穿孔的胸骨，或不对称胸骨。



第1肋骨



第2肋骨



第6肋骨

图1—1—16　肋骨

三、肋骨

（一）一般肋骨的形态

一般肋骨(rib)，包括第3至第9对肋骨，各分后端、体及前端三部分（图1—1—16）。

1. 后端　包括肋骨小头、肋颈及肋结节。

肋骨小头：为肋骨后端的膨大部分，上面有微凸的关节面，与相邻两个胸椎椎体肋凹相关节。

肋颈：为肋骨小头的外侧部，细而扁平，分前、后两面，上、下两缘。前面平滑，斜向前上方，被一微嵴又分为上、下两部。后面粗糙，斜向后下方。上缘锐薄而粗糙，称为肋颈嵴。下缘钝圆。

肋结节：位于肋颈与肋体交界处的后面。上部肋骨的肋结节

比下部的显著。结节的内下方有一卵圆形的关节面，与相应的胸椎横突肋凹相关节。第1—6肋骨的肋结节关节面凸隆，第7—9肋骨的则平坦。

2. 肋骨体　扁薄而弯曲，介于肋结节与肋骨前端之间。分内、外两面，上、下两缘。内、外两面光滑，其中内面凹陷，外面凸隆。上缘钝圆，下缘锐薄。下缘内面有一沟，称为肋沟，有肋间神经及血管通过。肋沟于肋骨体后端较深，前端变浅并逐渐消失。肋骨体有三种弯曲：①于肋结节稍外侧，在水平面上呈强度的向前弯曲，形成肋角；②在矢状面上呈上下弯曲；③肋骨体本身沿其长轴向内侧捻转，至使肋骨体前段的前面微向上方，后段的外侧面微向后下方。

3. 前端　稍宽，粗糙面凹陷，与肋软骨相接。

（二）特殊肋骨的形态

1. 第1肋骨　短而扁，分上、下两面及内、外两缘（图1—1—16）。肋骨小头小而圆，无小头嵴，与第1胸椎体相关节。肋颈细长，呈圆柱形。肋结节大而显著，与第1胸椎横突相关节。肋骨体上面近内缘处，有一结节，称为斜角肌结节。结节的前、后各有一浅沟。

2. 第2肋骨　较第1肋骨长而细。肋骨小头有两个关节面。肋骨体内面光滑而凹陷；外面凸隆，中部有一粗糙面，称为第2肋骨粗隆。肋角的弯曲度较小。

3. 第1肋骨　肋骨小头只有一个关节面。肋沟较深。肋结节及肋角显著，并两者之间相距较远。

4. 第11肋骨　肋骨小头较大，只有一个关节面。无肋颈及肋结节。肋沟平浅。肋角的弯曲度很小。前端细小而游离。

5. 第12肋骨　肋骨小头较大，只有一个关节面。肋骨体窄细，比第1肋骨略长。无肋结节、肋颈及肋沟。前端细小而游离。

第三节　颅　　骨

颅骨(skull)呈球形，位于脊柱的上方，分为脑颅骨与面颅骨(图1—1—17、18、19)。

脑颅骨共8块，位于颅骨的后上方，由额骨、枕骨、筛骨、蝶骨及顶骨（2）、颞骨（2）组成。

面颅骨共15块，位于颅骨的前下方，由上颌骨（2）、颧骨（2）、鼻骨（2）、泪骨（2）、腭骨（2）、下鼻甲（2）及犁骨、下颌骨和舌骨组成。

一、脑颅骨

8块脑颅骨围成颅腔，包围着脑。上方的部分，称为颅盖；下方的部分，称为颅底。

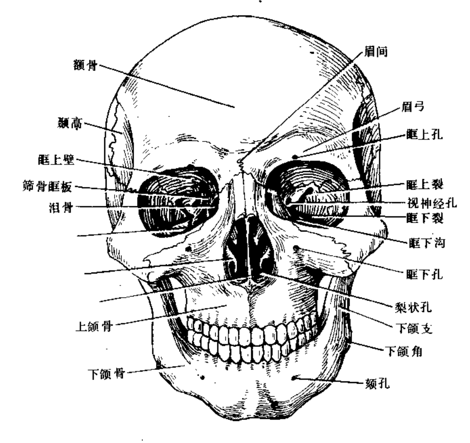


图 1－1－17　颅骨（前面）

（一）额骨

1. 额骨的形态　额骨（frontal bone）近似贝壳形，位于脑颅的前方，分为鳞部或额鳞、眶部及鼻部。

（1）鳞部：分内、外两面及后缘（图 1－1－20）。

外面凸隆而光滑，中部偏下方，左右各有一隆起，称为额结节。额结节的下方，左右各有一弓状隆起，称为眉弓。男性眉弓的突度显著。两侧眉弓内侧端之间，有一光滑面，称为眉间。眉弓下方，有一弓状锐缘，称为眶上缘。缘的内 1/3 与外 2/3 交界处，有一孔或切迹，称为眶上孔或眶上切迹。眶上缘的外侧，移行于三角形的突起，称为颧突，与颧骨相接。自颧突发出一向后的弓状线，称为颞嵴，此线分为上下二支，分别移行于顶骨的上、下颞线。

鳞部内面或脑面凹陷，表面凸凹不平，与脑的表面相适应。凹陷的部分，称为脑压迹，隆起的部分，称为大脑轭。内面的中部，有一浅沟，称为矢状沟，向后上方移行于顶骨的同名沟。沟的两侧，有许多小窝，称为颗粒小凹，为蛛网膜颗粒的压迹。沟的前

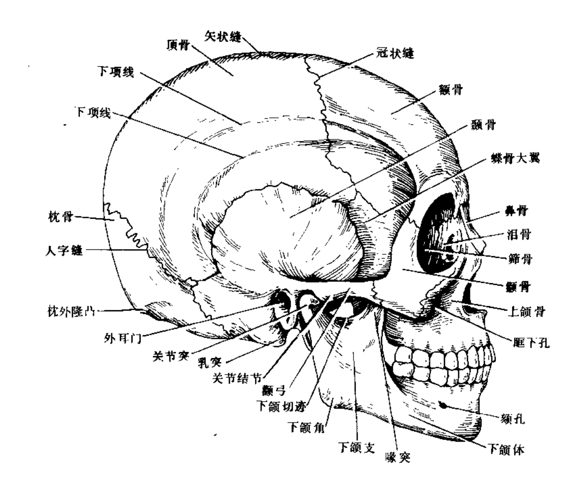


图 1－1－18　颅骨（侧面）

端，形成一嵴，嵴的终端有一小孔，称为盲孔。另外，于内面还可见到树枝状的细沟，称为动脉沟，有脑膜中动脉的分支通过。

鳞部的后缘，又称顶缘，厚而呈锯齿状。中间大部分与顶骨相接，形成冠状缝。两侧呈三角形的粗面，与蝶骨大翼相接。

（2）眶部：为一薄骨板，构成眶上壁的主要部分。左右眶部，以深切迹即筛骨切迹相隔，有筛骨嵌入其中。眶部的上面或脑面，凸隆而不平，可见大脑轭及脑压迹。下面或眶面，光滑面凹陷，其前外侧部接颧骨，此处并有一浅窝，称为泪腺窝。下面的后缘与蝶骨小翼相接，形成蝶眶缝。下面的后外侧部接蝶骨大翼。

（3）鼻部：自额鳞的中部向下突出，介于左右眶部之间。前面粗糙，分别与鼻骨、上颌骨及泪骨相接。中部有向前下方的突起，称为额棘，与鼻骨相接。后方与筛骨正中板相连，构成鼻中隔的一部分。

（4）额窦：为鳞部、眶部及鼻部之间的骨性腔隙，左右各一，但常不对称，分别开

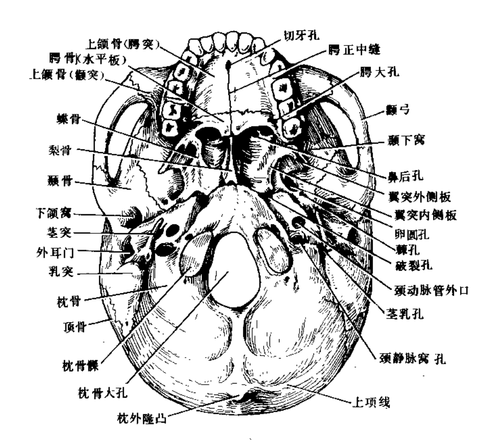


图1—1—19　颅骨（底外侧面）

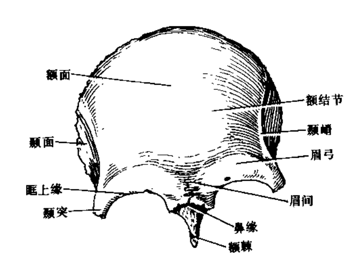


图1—1—20　额骨（前面）

口于鼻腔。左右额窦在出生时，仅在筛切迹最前部见有一扁平的小凹，1—2岁时，向深层扩延，15—25岁时定型。

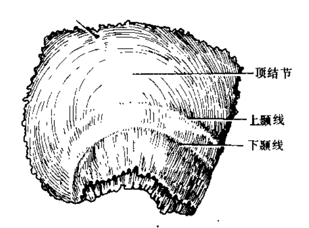


图1－1－21　顶骨

2. 额骨的变异　额缝有时终生不愈合，长短不定，短的仅见于眉间，长的可达冠状缝。额窦附近的筛骨小房，常常突入窦内。

（二）顶骨

1. 顶骨的形态　顶骨（parietal bone）为一对弯曲的方形骨板，介于额骨与枕骨之间，构成颅腔顶及两侧壁。可分为二面、四缘及四角（图1－1－21）。

外面或顶面，凸隆而光滑。中部有一隆起，称为顶结节。中部稍下方，有两条弓状线，分别称为上、下颞线；上下颞线之间，有时还有一条不完整的颞中线。后上部近上缘处，有1—4个小孔，称为顶骨孔，与上矢状窦相通，其出现率为74％。

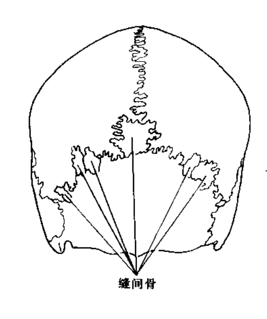


图1－1－22　缝间骨（引自格氏）

内面或脑面，光滑而凹陷。可见大脑轭、脑压迹及脑膜中动脉沟。近上缘处，有纵行的半个浅沟，与对侧相合，构成矢状沟。沟旁有许多颗粒小凹，老年更为明显。

上缘较厚，呈锯齿状，与对侧相接，形成矢状缝。下缘前部较薄，被蝶骨大翼掩盖，形成顶蝶缝；后部较厚，呈锯齿状，与颞骨乳突部相接，形成顶乳突缝；中部与颞骨鳞部相接，形成鳞缝。前缘卷曲，呈锯齿状，与额鳞相接，形成冠状缝。后缘呈锯齿状，与枕骨相接，形成人字缝。

2. 顶骨的变异　顶骨有时被一条纵行骨缝分为上、下两半。在鳞缝和在矢状缝与冠状缝，以及在矢状缝与人字缝交界处，可出现小骨块，称为缝间骨（图1－1－22）。

（三）枕骨

1. 枕骨的形态　枕骨（occipital bone）位于脑颅的后部，为四方形的杓状骨。前下

部有一卵圆形的大孔，称为枕骨大孔，为颅腔与脊管的通路。枕骨以枕骨大孔为中心，分为四个部分（图 1—1—23）。

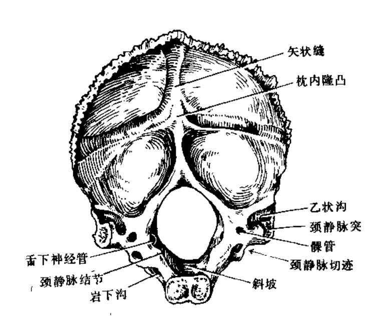


图 1—1—23 枕骨（内面）

（1）枕鳞：为一贝壳状弯曲的骨板，位于枕骨大孔的后方。内面凹陷，中部有一十字隆起，称为枕内隆凸，并以此分为四个凹面。上两个呈三角形，称为枕骨大脑窝；下两个近似四边形，称为枕骨小脑窝。隆起的上方和两侧，各有矢状沟与横沟。隆起的下方呈嵴状，称为枕内嵴。

枕鳞的外面，光滑而凸隆，中部有一隆起，称为枕外隆凸。自隆凸向前下方有一嵴，直达枕骨大孔后缘，称为枕外嵴。自嵴中点，斜向外下方有两条弓状线，称为下项线。枕外隆凸的两侧，有两对弓状线，下一对称为上项线；上一对称为最上项线。枕鳞的后上部，呈锯齿状，与顶骨的枕缘相接而形成人字缝；前下部粗糙，与颞骨的乳突部相接，形成枕乳突缝。

（2）外侧部：位于枕骨大孔的两侧。其下面各有一卵圆形的隆起，称为枕骨髁，与环椎的上关节凹相关节。枕骨髁的前上方，有一斜向前外方的舌下神经管。管的上方，有一卵圆形光滑的隆起，称为颈静脉结节。结节的后下方有一窝，称为髁窝。窝底有一管，称为髁管。髁窝的前外侧，有四方形的突起，称为颈静脉突。突的前缘，有一宽面深的切迹，称为颈静脉切迹。

（3）基底部：近似长方形，位于枕骨大孔的前上方。前面为四方形的粗面，与蝶骨体相接，成年后形成骨性愈合。上面平滑而微凹，斜向前上方，称为斜坡。下面粗糙。中部有一小结节，称为咽结节。底部的外侧缘，上方有浅沟，与颞骨岩部相应的沟会合，形

成岩下沟；下方粗糙，与颞骨岩部形成岩枕裂。

2. 枕骨的变异 在枕鳞的上部，偶尔见有夹在两侧顶骨之间的小骨块，称为顶间骨，属枕鳞的一部分。其数目不等（1—4 块）。

（四） 颞骨

1. 颞骨的形态 颞骨（temporal bone）介于蝶骨、顶骨与枕骨之间，构成颅底与颅腔的侧壁。分为鳞部、乳突部、岩部及鼓部（图 1－1－24）。

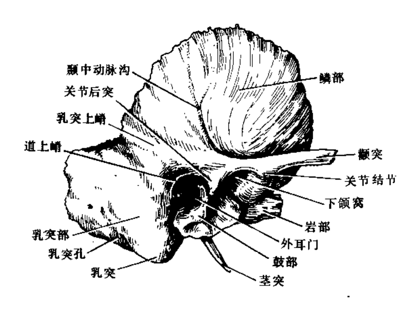


图 1－1－24 颞骨（外面）

（1）鳞部：为鱼鳞状的薄骨板，位于颞骨的前上方，分为内外二面及边缘（图 1－1－24）。

外面光滑而微凸，构成颞窝的一部分。于外耳门的上方，有一近似垂直的浅沟，称为颞中动脉沟。此沟的前下方，有一向前的突起，称为颧突，与颧骨的颞突相接，形成颧弓。颧突的根部扁宽，略呈三角形，可分为前、中、后三脚。前脚呈结节状，称为关节结节。结节的后侧有一椭圆形的深窝，称为下颌窝。中脚为圆锥形的突起，称为关节后突，介于下颌窝与外耳门之间。后脚位于中脚的后上方，其上缘向后移行于弓状线，称为颞线，有时呈嵴状，称为乳突上嵴。颞线的前下方，有一小突起，称为道上嵴。

内面微凹，可见大脑轭、脑压迹及动脉沟。

前缘又称蝶缘，呈锯齿状，上薄下厚，与蝶骨大翼相接，形成蝶鳞缝。上缘又称顶缘，锐薄，掩盖顶骨，形成鳞缝。

（2）乳突部：形状不规则，位于鳞部的后下方。外面粗糙，可见许多小孔，近后缘处有 1—3 个较大者，称为乳突孔。外面的前下部，呈乳状突起，称为乳突。乳突的内侧

有一深沟，称为乳突切迹。切迹的内侧有一浅沟，称为枕动脉沟。

内面光滑而凹陷（图1—1—25），有一弯曲的深沟，称为乙状沟。乳突部的骨质中，有许多小腔隙，称为乳突小房。

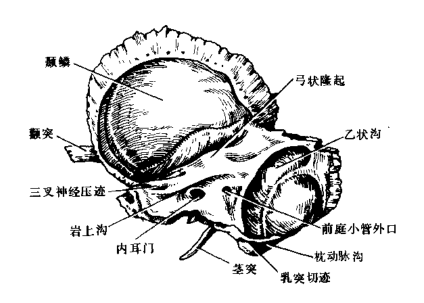


图1—1—25　颞骨（内面）

(3) 岩部：呈锥体形，位于蝶骨与枕骨之间，构成颅底的一部分。

岩部的尖端，粗糙不平，嵌入枕骨底部与蝶骨大翼后缘之间，构成破裂孔的后外侧界。岩部的前面（又称大脑面），斜向前下方，构成颅中窝的底部，其中近尖端处，有一指状压迹，称为三叉神经压迹。压迹的后外侧，有一圆形隆起，称为弓状隆起。弓状隆起与岩鳞裂之间的薄骨板，称为鼓室盖。岩部的后面（又称小脑面），呈三角形，构成颅后窝的前部。其近中部有一大孔，称为内耳门。自内耳门向外导入一管，称为内耳道。岩部的下面，凸凹不平，构成颅底外侧面的一部分。其后外侧部，有一大圆孔，称为颈动脉管外口。外口的后侧，有一深窝，称为颈静脉窝。

岩部的上缘，介于岩部前、后面之间，呈沟状，称为岩上沟。前缘的外侧部，与颞骨鳞部相接，形成岩鳞裂；内侧部，游离，与蝶骨大翼相接，构成蝶岩裂。后缘的内侧部，为一浅沟，称为岩下沟。

(4) 鼓部：位于颞骨鳞部的下方及乳突部的前方，为一向后方卷曲的方形薄骨板，构成外耳门和外耳道的前壁、下壁及后壁的一部分。内侧与岩部相接，形成岩鳞裂。鼓部的后下方，有一斜向前下方的锥状突起，称为茎突，平均长度为2.16厘米。茎乳后侧，有一圆孔，称为茎乳孔，为面神经管的下口。

2. 颞骨的变异　岩鳞裂有时不愈合。茎突有的很长或缺如。在顶乳突缝、枕乳突缝及顶枕缝处，有时出现小骨块，称为缝间骨（图1—1—22）。乳突的气化范围不定，有的

可延伸至鳞部。

（五）蝶骨

1. 蝶骨的形态　蝶骨（sphenoid bone）形似蝴蝶，位于颅底中部，前接额骨和筛骨，后接颞骨和枕骨，下接犁骨和腭骨。由蝶骨体、大翼、小翼和翼突构成（图1—1—26）。

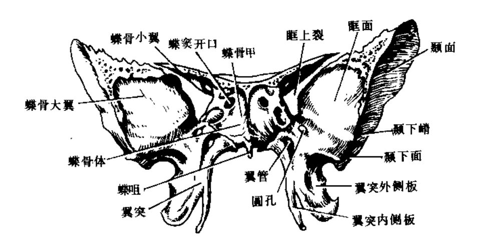


图1—1—26　蝶骨（前面）

（1）蝶骨体：呈立方形，内有腔隙，称为蝶窦，以中隔分为左右两半，开口于体的前面。体的上面，呈马鞍形，称为蝶鞍，中部凹陷，称为垂体窝。窝后方的方形骨板，称为鞍背。鞍背的两侧，呈结节状，称为鞍背突。垂体窝的前方，有圆形的隆起，称为鞍结节。鞍结节的前方，有一横沟，称为交叉沟。交叉沟的两端，与视神经孔相通。交叉沟的前方，有一宽阔的平面，称为蝶平面，与交叉沟之间以蝶棱为界。蝶平面前缘中部，有一棘状突起，称为筛骨棘。

蝶骨体下面组成骨性鼻腔顶的后部。蝶骨体后面，与枕骨相接。蝶骨体外侧面，与蝶骨大翼及翼突内侧板相接。其中与大翼相接处的上面，有一浅沟，称为颈动脉沟。

（2）大翼：自体的两侧，向外伸展，构成颅中窝的底、骨性眶腔的外侧壁、颞窝及颞下窝的底。其颅侧面，自前内斜向后外，依次有圆孔、卵圆孔及棘孔。

（3）小翼：位于体的前方，为成对并呈三角形的薄骨板。小翼与大翼之间的裂隙，称为眶上裂，构成颅腔与眶腔的通道。

（4）翼突：左右各一，起于体与大翼交接处的下方，由内、外二板构成。两板的上部和前部相互愈合，下部则以翼切迹相隔，后部彼此分离，其间各有一楔形深窝，称为翼突窝。窝的上方，又有一卵圆形的浅窝，称为舟状窝。翼突根部，有一贯穿骨质的纵行小管，称为翼管。内侧板的下端，终于一钩状突起，称为翼突钩。

2. 蝶骨的变异　蝶骨鞍背的上部分裂为二。卵圆孔及棘孔后缘缺损。视神经孔形成

两个独立的管道。

（六）筛骨

1. 筛骨的形态 筛骨（ethmoid bone）由薄骨板构成，内有许多不规则的腔隙，称为筛窦。筛骨位于两眶之间，额骨之下，蝶骨之前，构成颅腔的底、眶的内侧壁、鼻中隔、鼻腔上壁及外侧壁的一部分。可分为水平的筛板、一个垂直板及两侧的筛骨迷路。

2. 筛骨的变异 有时筛骨的眶板发育不良，由上颌骨或额骨代替。

二、面颅骨

（一） 上颌骨

1. 上颌骨的形态 上颌骨（maxilla）分为1个体和4个突起（图1－1－27）。

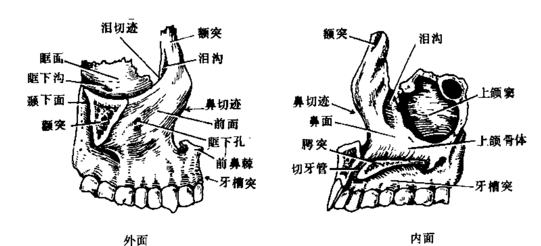


图1－1－27 上颌骨

(1) 上颌体：呈三面锥体形，体内有腔，称为上颌窦。①前面光滑而微凹，上部以眶下缘与眶为界。下部有数个纵形隆起，称为牙槽轭，与尖牙及侧切牙相对应。牙槽轭的外上方，有一浅窝，称为尖牙窝。窝的上方有椭圆形大孔，称为眶下孔。孔的内侧，有锐薄的切迹，称为鼻切迹，构成梨状孔的外侧界及下界。切迹的内下端与对侧相合，形成小突起，称为前鼻棘。②上面呈三角形，形成眶的下壁，中间有一浅沟，称为眶下沟，向前延续成一管，称为眶下管，开口于眶下孔。③内侧面构成鼻腔的外侧壁，与下鼻甲相合，形成鼻泪管。④后面又称颞下面，凸隆，构成颞下窝的前壁，以颧突及自该突至第一磨牙的颧下嵴，与前面为界。中部有二、三个小孔，称为牙槽孔，各导入内部的牙槽管。后下部有一粗糙的隆起，称为上颌结节，与腭骨相接，有时也与蝶骨翼突外侧板相连。

（2）突起：共4个。①额突为细长的骨板，突向后上方，与额骨相接，相接处形成额上颌缝。前缘接鼻骨，相接处形成鼻上颌缝。后缘较厚，并呈沟状，与上颌体眶面的内侧缘前端之间，形成泪切迹，构成鼻泪管上口的一部分。后缘的后方，为一锐嵴，称为泪前嵴，与泪骨相接，形成泪上颌缝。②颧突为锥状的突起，突向外上方。上面粗糙，呈三角形，与颧骨相接，形成颧上颌缝。③腭突为肥厚的三角形骨板，自上颌体内侧面，呈水平方向突向正中，与对侧相合，构成骨性鼻腔下壁及口腔上壁的大部分。两侧腭突相合处，形成腭正中缝。此缝向鼻腔呈嵴状耸起，称为鼻棘。腭正中缝的前端有一孔，称为切牙孔，与左右切牙管相通。腭突后缘呈锯齿状，与腭骨水平板相接，形成腭横缝。④牙槽突呈弓形，自上颌体向下方突出，与对侧相合，形成牙槽弓，后方终于上颌结节。牙槽突的下缘游离，称为牙槽缘。牙槽缘上有八个小窝，称为牙槽，有牙根嵌入。

（3）上颌窦：为上颌体内的锥形空腔，尖部突向颧突，底部朝向鼻腔，平均容量为12.82毫升。

2. 上颌骨的变异　两侧腭突未愈合，形成腭裂。腭突下面正中线上，有时出现腭圆枕。

（二）鼻骨

1. 鼻骨的形态　鼻骨（nasal bone）为长方形的小骨板，位于上颌骨额突之间，构成骨性鼻背。上缘肥厚，呈锯齿状，与额骨鼻部相接，形成鼻额缝。下缘锐薄，呈切迹状，构成梨状孔的上界。外侧缘接上颌骨的额突，形成鼻上颌缝。两内侧缘相对，形成鼻骨间缝。

2. 鼻骨的变异　鼻骨有时缺如，双侧或单侧发育不良，或两侧不对称，或两侧愈合成一整体。

（三）泪骨

1. 泪骨的形态　泪骨（cacrymal bone）为不规则长方形的小骨板，薄面脆，位于两侧眶内侧壁的前部，可分为二面及四缘。

外侧面有一纵嵴，称为泪后嵴，嵴的前部呈沟状，称为泪沟，与上颌骨的同名沟相合，形成泪囊窝。嵴的后部平滑，构成眶内侧壁的一部分。泪后嵴的下端，向前弯曲成钩状，称为泪骨沟，与上颌骨眶面相接，构成鼻泪管上口的一部分。

前缘与上颌骨的额突相接，形成泪颌缝。后缘接筛骨的筛板，形成泪筛缝。上缘与额骨的鼻部相接，形成额泪缝（图1—1—17）。

2. 泪骨的变异　泪骨有时缺如，由上颌骨的额突或筛骨的眶板代替。有时分裂成二至数片。

（四）颧骨

1. 颧骨的形态　颧骨（zygomatic bone）2 块，近似菱形，位于额骨与上颌骨之间。可分为三个面和三个突起，其前外侧面，又称颊面，上侧有一小孔，称为颧面孔。眶面平滑而凹陷，构成眶下壁的前外侧部及眶的外侧壁。颞面凹陷，朝向内后方。

额蝶突，厚而呈锯齿状，上接额骨的颧突，形成颧额缝。颞突扁平，突向后方，与颞骨颧突相接，形成颧颞缝。上颌突，突向内方，与上颌骨的颧突相接，形成颧上颌缝。

2. 颧骨的变异　有时出现不完全或完全二分颧骨。由于颧骨发育不全，而使颧弓不完整。

（五）腭骨

腭骨（palateine bone）2 块：介于上颌骨腭突与蝶骨翼突之间，构成鼻腔的外侧壁及硬腭的后部分，分为垂直板和水平板两部分（图 1－1－19）。

水平板的上面光滑而凹陷，构成鼻腔底的后部。下面粗糙不平，构成硬腭的后部，近后缘处，有一横嵴，称为腭嵴。水平板的前缘粗糙，呈锯齿状，与上颌骨腭突的后缘相接。后缘锐薄凹陷，形成腭后切迹，并构成鼻后孔的下界。外侧缘移行于垂直板的下缘。内侧缘肥厚，与对侧相接后，形成一嵴，称为鼻嵴。其上方与犁骨相接，其前端与上颌骨鼻嵴相移行，后端突起，称为鼻后棘。

（六）犁骨

犁骨（vomer）为四边形的薄骨板，位于鼻腔的正中，构成鼻中隔的下部及后部。上接蝶骨，下接硬腭，前缘与筛骨的垂直板相连，后缘游离，形成鼻后孔的内界。

（七）下鼻甲

下鼻甲（inferior nasal concha）为贝壳状的薄骨板，略呈水平位附着于鼻腔的外侧壁。内侧面凸隆，对向鼻中隔；外侧面凹陷，朝向鼻腔的外侧壁，并构成下鼻道的一部分。

（八）舌骨

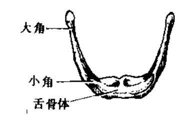


图 1－1－28　舌骨

舌骨（hyoid bone）呈蹄铁形，独立位于颈前部，介于舌与喉之间。可分为体、大角及小角（图 1－1－28）。

舌骨体：为舌骨中部的方形骨板，前面凸隆，后面凹陷。幼年时，外侧端借软骨与大角相连；中年以后，软骨骨化而形成骨性结合。

大角：成对，自体的外侧端突向后方，中部扁薄，容易骨折，根部肥厚，末端成结

节状。

小角：成对，呈锥体形，自体与大角的结合处，突向后上方，

（九）下颌骨

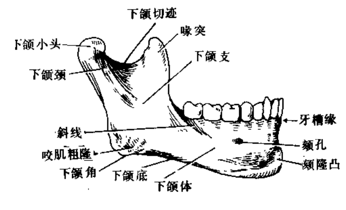


图 1—1—29 下颌骨

1. 下颌骨的形态 下颌骨（mandible）位于面部的前下方，形如马蹄铁，可分为一体和左右二支（图 1—1—29）。

（1）下颌体：居中部，分内、外二面及上、下两缘。外面中部微凹，两侧凸隆，于正中线的上部，有一微嵴，为左右两半愈合后的痕迹。嵴的下方，有一三角形的隆起，称为颏隆凸。颏隆凸的两侧，呈结节状，称为颏结节。颏结节的外侧，相当于第二双尖牙牙根的下方，有一孔，称为颏孔。自颏结节向后上方，发出一条隆线，直达下颌支的前缘，称为斜线（图 1—1—29）。内面正中线上，有上、下二对小棘，称为颏棘。颏棘的外下侧，左右各有一椭圆形的浅窝，称为二腹肌窝。自此窝的上方，左右各有一条斜向后上方的隆线，称为下颌舌骨线。此线前端的上方，有光滑的浅凹，称为舌下腺凹。此线后端的下方，也有一浅凹，称为颌下腺凹。

下颌体的上缘，又称牙槽缘，每侧各有 8 个牙槽。下缘，又称下颌底，厚而圆钝，向后外方，通过下颌角移行于下颌支。

（2）下颌支：为长方形的骨板，可分为二面、四缘及二个突起。外面平滑，后下部有一粗糙面，称为咬肌粗隆。内面对应部位亦有一粗糙面，称为翼肌粗隆。内面中部稍偏上方，有一孔，称为下颌孔。由此通入一管，称为下颌管。下颌孔的前内侧，有一锐薄的骨片，称为下颌小舌。

下颌支的前缘较锐利，与下颌体外面的斜线相连续。后缘钝圆，向下终于下颌角。上缘有前、后二突，分别称为喙突及关节突。两突之间有半月形的切迹，称为下颌切迹。下缘钝圆，向前移行于下颌底，向后止于下颌角。

①喙突：呈扁三角形，外面平滑，有颞肌及咬肌附着。内面有一自上斜向第三磨牙的隆线，其下端分为二支，移行于牙槽缘，二支之间的三角面，称为磨牙后三角。

②关节突：上端肥厚，呈横椭圆形，称为下颌小头。小头下方较细的部分，称为下颌颈。

2. 下颌骨的变异 有时下颌骨两侧不对称。有时出现关节突肥大、双关节突、单个颏结节及双颏孔等。

（孙尔玉）

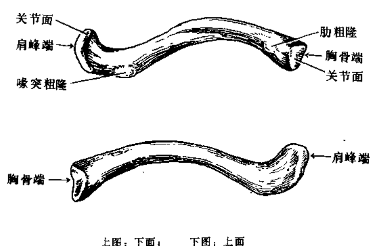
第二章　人体骨骼的解剖学（下）

第一节　四肢骨

一、上肢骨

（一）锁骨

1. 锁骨的形态　锁骨（clavicle）为S状弯曲的长骨，但无骨髓腔。内侧端 呈柱状，与胸骨柄的锁骨切迹相接，形成胸锁关节；外侧端扁平，与肩胛骨的肩峰相接，形成肩锁关节。锁骨骨干位置表浅，容易发生骨折；其内侧 2/3 呈三棱柱状，弓凸向前；外侧 1/3 扁平，弓凸向后。（图 1—2—1）



上图：下面；　　下图：上面

图 1—2—1　锁骨

2. 锁骨的变异　锁骨骨干或肩峰端，有时全部或部分缺如。

（二）肩胛骨

1. 肩胛骨的形态　肩胛骨（scapula）为三角形扁骨（图 1—2—2、3）位于胸廓的后外侧面，介于第 2 肋与第 7 肋之间。肩胛骨可分为：前面和后面；上缘、内侧缘和外侧缘；上角、下角和外侧角。

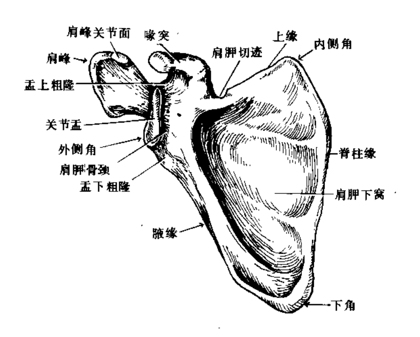


图 1—2—2 肩胛骨（前面）

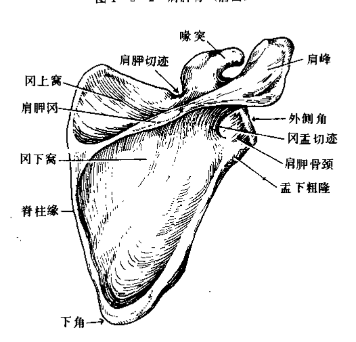


图 1—2—3 肩胛骨（后面）

前面朝向肋骨，又称肋面，大部分凹陷，称为肩胛下窝，窝内有几条肌线。后面又称背面，近上部有一条横行的隆起，称为肩胛岗，岗上、下的窝，分别称为岗上窝和岗

下窝。岗下窝的骨面上，也有几条肌线。肩胛岗的外侧端，形成一扁平突起，称为肩峰。肩峰的前内侧缘，有一小的椭圆形关节面，与锁骨的肩峰端形成关节。

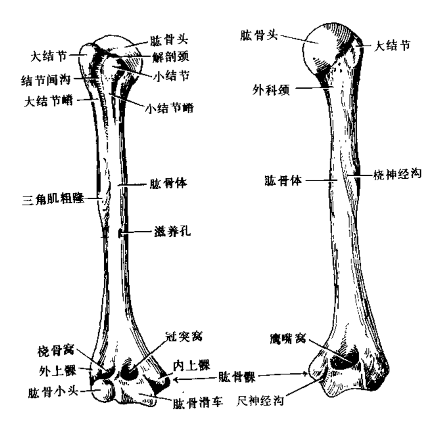
肩胛骨的上角，又称内侧角，约平对第2肋。下角约平对第7肋。外侧角肥大，中心部形成一浅窝，称为关节盂。盂的上、下方，各有一粗糙部，分别称为盂上粗隆和盂下粗隆。

肩胛骨内侧缘，较薄，接近脊柱，又称脊柱缘。外侧缘较厚，接近腋窝，又称腋窝缘。上缘最短，介于上角与外侧角之间，其中近外侧角处，有一曲指状突起，称为喙突。喙突根的内侧有一肩胛切迹（有时为一孔）。

2. 肩胛骨的变异　肩峰有时可终生保持软骨状态。肩胛骨脊柱缘有时出现变形。

（三）肱骨

1. 肱骨的形态　肱骨（humerus）为长骨，位于肩、肘之间，可分为上、下两端及肱骨干（图1—2—4）。



左：前面　右：后面

图1—2—4　肱骨

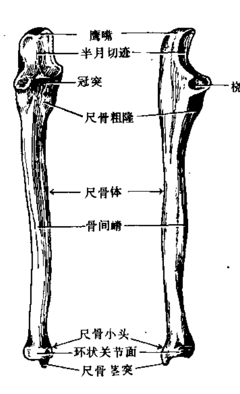
（1）上端　膨大，有一半球形的肱骨头，朝向内后上方。头上为光滑的关节面，与

肩胛骨的关节盂构成肩关节。上端的外侧和前方各有一隆起，外侧的称为大结节，前方的称为小结节。每一结节均向下延伸成一嵴，分别称为大结节嵴和小结节嵴。两结节下方稍细的部分称为外科颈，为肱骨上端与肱骨干的分界线，肱骨骨折好发于此。

（2）肱骨干　上1/3部的横断面为圆形，中1/3部的为三棱形，下1/3部的为前后略扁形。在肱骨干中1/2处的外侧面有一"V"字形粗糙隆起，称为三角肌粗隆。在此粗隆的后下方，有一条自内上方斜向外下方的浅沟，称为桡神经沟。

（3）下端　前后略扁，并向两侧扩展，各形成一个突起，内侧的称为内上髁，外侧的称为外上髁。内上髁的后面有一浅沟，称为尺神经沟，有尺神经在此通过。肱骨下端有两个关节面，内侧的呈滑车状，称为肱骨滑车，外侧的呈半球形，称为肱骨小头。滑车上方的前面和后面，各有一窝，屈肘时前面的窝容纳尺骨的冠突，伸肘时后面的窝容纳尺骨的鹰嘴。两窝之间的骨片很薄。肱骨小头上方的前面，有一浅窝，称桡骨窝，屈肘时容纳桡骨小头。肱骨内、外上髁均在皮下。

2. 肱骨的变异　鹰嘴窝与冠突窝之间有时穿孔。内上髁的上侧，有时出现向下弯曲的突起，称为髁上突。



左：前面　右：后面

图1－2－5　尺骨

（四）尺骨

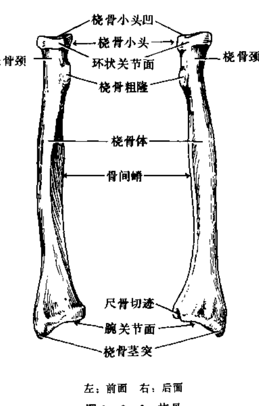
1. 尺骨的形态　尺骨（ulna）为长骨，位于前臂的内侧。上端大，下端小，尺骨干借三缘分为三面（图1－2－5）。

（1）上端　有两个突起：鹰嘴是一位于后上方的突起，从侧面看宛如鹰。冠突是一位于前方的三角形突起，从前面看宛如僧冠。冠突根部的前方骨面粗糙不平，称为尺骨粗隆。两突之间形成一半月形的关节面，称为半月切迹，与肱骨滑车构成肘关节的肱尺部。冠突的外侧有一桡骨切迹，与桡骨小头构成桡尺近侧关节。

（2）尺骨干　横断面为三角形。前缘与后缘之间为内侧面。后缘上自鹰嘴背侧面，下至尺骨茎突，全长均在皮下。外侧缘锐利，朝向桡骨，称为骨间嵴。

（3）下端　称为尺骨小头，并形成关节面，与桡骨相接构成桡尺远侧关节。从小头的后内侧向下发出一突起，称为尺骨茎突，突的后方有一浅沟。

2. 尺骨的变异　尺骨有时全部或部分缺如。鹰嘴不愈合。鹰嘴上方的肱三头肌腱内出现籽骨。



左：前面　右：后面

图 1－2－6　桡骨

（五）桡骨

1. 桡骨的形态　桡骨（radius）为长骨，位于前臂的外侧。上端小，下端大，总长度比尺骨短（图 1－2－6）。

（1）上端　称为桡骨小头，头上面凹陷，称为桡骨小头凹，与肱骨小头相接构成肘关节的肱桡部。小头周缘为环状关节面，与尺骨的桡骨切迹相接，构成桡尺近侧关节。小头下方的紧缩部，称为桡骨颈。颈下方偏内侧，有一粗糙隆起，称为桡骨粗隆。

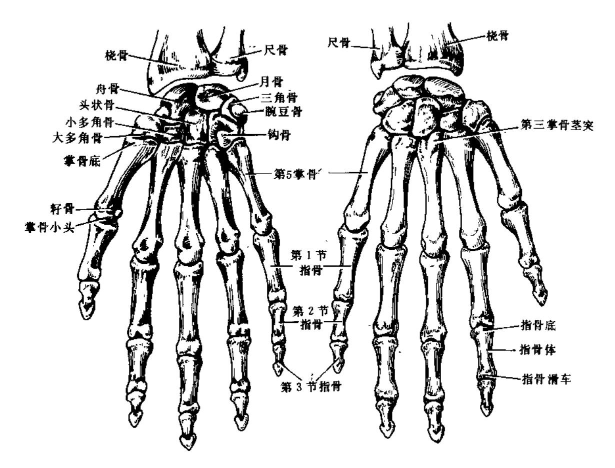
（2）桡骨干呈三棱柱形，下端宽大，上端窄小，正面观时约呈 9.3°的弧度凸向外方。桡骨干也分 3 缘，其中内侧缘锐利，称为骨间嵴。

（3）下端大，近似立方体，最下方是一关节面，与腕骨相接，构成桡腕关节。下端的内侧也有一关节面，称为尺骨切迹，与尺骨小头相接，构成桡尺远侧关节。下端的外侧，有一向下的突起，称为桡骨茎突。在正常方位下，桡骨茎突比尺骨茎突低 1—1.5cm。

2. 桡骨的变异　桡骨有时全部或部分缺如。桡骨下端与桡骨干未完成愈合。桡骨粗隆的肱二头肌腱上，出现籽骨。

（六）腕骨

腕骨（carpus）为 6 面体的小骨，每侧共 8 块，排成两列。近侧列从桡侧往尺侧依次为舟骨、月骨、三角骨和豌豆骨，远侧列依次为大多角骨、小多角骨、头状骨和钩骨（图 1－2－7、8）。



左：前面 右：后面

图1—2—7 手骨

（七）掌骨

1. 掌骨的形态 掌骨（metacarpus）为小型长骨，每侧5块（图1—2—7），由桡侧向尺侧依次称为第一至第五掌骨。掌骨的上端（近侧端）膨大，称为底；底的上面有关节面，与腕骨相关节；底的侧面与相邻的掌骨相接（第一掌骨除外），构成掌骨间关节。掌骨的下端（远侧端）变圆，称为小头，有球形关节面；关节面大部分位于掌侧，与相应指的第一节指骨底相关节。小头两侧各有一小结节。结节的掌侧有一浅窝。小头与底之间的部分，称为体，呈棱柱形，微向背侧弯曲；内外二面均凹陷，有骨间肌附着；背面的下部，有三角形的平面，向上移行于钝嵴。

第一掌骨 为掌骨中最短、粗者，第二掌骨为最长者。第三掌骨（图1—2—9）较第二掌骨短，底的背外侧部有一突起称为茎突。第四掌骨较第三掌骨短面细，底较小。第五掌骨比第四掌骨更短。

2. 掌骨的变异　第一掌骨远侧端及第二至第四掌骨近侧端，有时可出现骨骺。

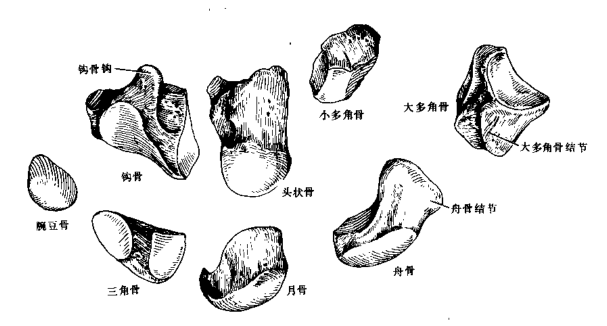
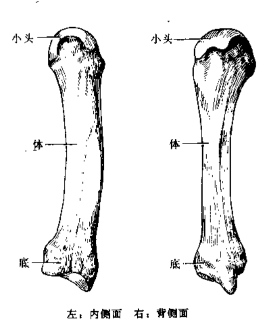


图 1－2－8　腕骨（掌面）



左：内侧面　右：背侧面

图 1－2－9　左第三掌骨

（八）指骨

1. 指骨的形态　指骨（phalanges）为最小型长骨（图 1－2－10），可分为一体及两端。每侧指骨共有 14 节，除拇指有 2 节外，其余各指均为 3 节。第 1、2、3 节指骨分别称为近位（节）、中位（节）及远位（节）指骨。所有指骨都是两端膨大。上端（近侧端）较宽广，称为指骨底，有卵圆形凹陷的关节面，与掌骨小头相关节。下端（远侧端）较狭窄，呈滑车状，称为指骨滑车。中间部分称为指骨体，其掌侧面稍凹，背侧面微凸。

第 1 节指骨最长，第 2 节指骨较短，第 3 节指骨最短。

2. 指骨的变异　相邻的指骨可愈合，形成并指。出现多余指骨，形成多指。

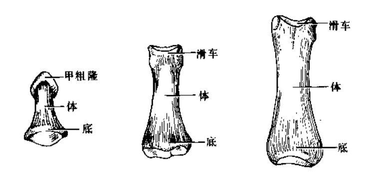
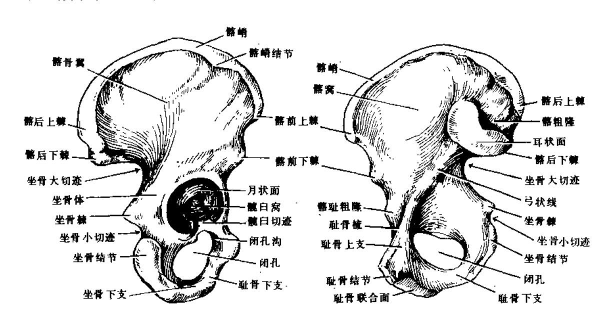


图 1—2—10　指骨

二、下肢骨

（一）髋骨与骨盆

1. 髋骨的形态　髋骨（hip bone）（图 1—2—11）是一对形状不规则的扁骨（图 1—2—11）由髂骨、耻骨和坐骨三块独立的骨，在 16 岁以后融合而成。三骨融合处的外侧面，有一深窝，称为髋臼，容纳股骨头。髋臼的前下方，有一大孔，称为闭孔，由耻骨和坐骨围成。左、右髋骨在前方正中线上借软骨相接，构成耻骨联合，在后方与骶骨构



左：外面　右：内面

图 1—2—11　髋骨（右）

成关节。因此，左、右髋骨及后面的骶骨形成一个完整的骨环——骨盆。

（1）髂骨　最大，占髋骨的后上部，可分为体和翼两部分。髂骨体，占髋臼的后上部。髂骨翼，是从体向后外上方扩张的骨板。其上缘肥厚，称为髂嵴，两侧髂嵴最高点的连线约平第3、4腰椎棘突之间。髂嵴的前、后端突出，分别称为髂前上棘和髂后上棘。髂前上棘的下方，有一骨突，称为髂前下棘。髂后上棘的下方，也有一骨突，称为髂后下棘。在髂后下棘的下方，有一较大的切迹，称为坐骨大切迹。髂骨翼内侧面光滑，并稍凹陷，称为髂窝。髂窝后方有一关节面，称为耳状面。耳状面后上方的骨面特别粗糙，称为髂粗隆。耳状面和髂粗隆不在髂窝的范围之内。髂窝下方有一自后上方至前下方的斜线，称为弓状线。

（2）坐骨　占髋骨的后下部，可分为体和支两部分。坐骨体，占髋臼的后下部。坐骨支又分上、下两部分：坐骨上支，呈三棱柱形，位于坐骨体的下方；前缘锐薄，形成闭孔的后界；后缘肥厚，向上移行于坐骨棘，并形成一深切迹，称为坐骨小切迹；坐骨下支，是坐骨上支折而向前的移行部分，与来自前方的耻骨下支愈合，围成闭孔。坐骨上、下支的移行处的后部，骨质粗糙而肥厚，称为坐骨结节。

（3）耻骨　占髋骨的前下部，可分为体和支两部分。耻骨体，占髋臼的前下部，其上缘与髂骨体相连处稍隆起，称为髂耻隆起。髂耻隆起向后移行于弓状线。耻骨支又分上、下两部分：耻骨上支，呈三棱柱形，为耻骨体水平伸向前内下方的部分；其上缘锐薄，称为耻骨梳；耻骨梳的内侧端，止于一结节部，称为耻骨结节。耻骨下支，薄而平坦，是耻骨上支折而向下的移行部分。

耻骨上、下支连续部分的内侧，有一长卵圆形或长椭圆形的粗面，称为耻骨联合面（图1－2－12）。其上、下径大，前、后径小，可分为上、下两端，腹、背两缘及一个腹侧斜面。联合面的形态，随年龄而有明显的变化。

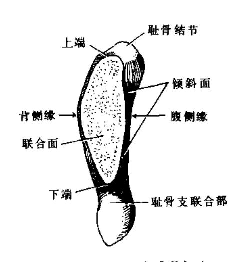


图1－2－12　耻骨联合面

（4）髋臼　为髋骨中部外侧面的半球形深窝，朝前外下方，由髂骨体、坐骨体及耻骨体构成，与股骨头相关节。髋臼的中央有一深窝，称为髋臼窝，窝底的骨壁较薄，可因疾病或外伤而损坏。窝的周围有平滑的半月形关节面，称为月状面（图1－2－13）。月状面可分为内、外两缘，其中内缘可分为前、上、后三段弧线。髋臼的下缘有一切迹，称为髋臼切迹。

（5）闭孔　为坐骨与耻骨之间的卵圆形大孔，分上、下、内、外四缘。上缘为耻骨上支的下面，下缘为坐骨下支的上缘，内缘为耻骨下支的外缘，外缘为坐骨上支及坐骨体的前缘。

（6）髋骨的变异　坐骨下支与耻骨下支不愈合。髋臼窝中部穿孔。

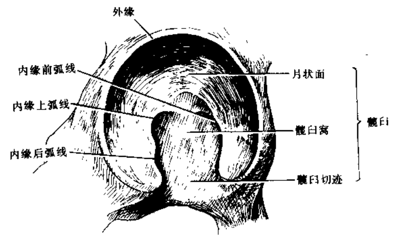


图1－2－13　髋臼（右）

2．骨盆的形态　骨盆（pelvis）由左、右髋骨、骶骨及尾骨构成（图1－2－14）。可分为上部的大骨盆及下部的小骨盆，两者以界线为界。此线开始于后面的骶骨岬，延伸至髂骨的弓状线，耻骨梳，至耻骨结节。

大骨盆为界线以上的部分，其后壁及侧壁由第5腰椎及两侧髂骨翼组成，前壁不完整。

小骨盆为界线以下的部分，通称为真骨盆或称为骨盆。分为骨盆上口、下口及骨盆腔。

（1）骨盆上口　又称为入口，由骨盆界线围成。

（2）骨盆下口　又称为出口，高低不平，近似菱形，后方为尾骨尖，两侧为坐骨结节及韧带，前方为左、右耻骨下支相合而成的耻骨角。

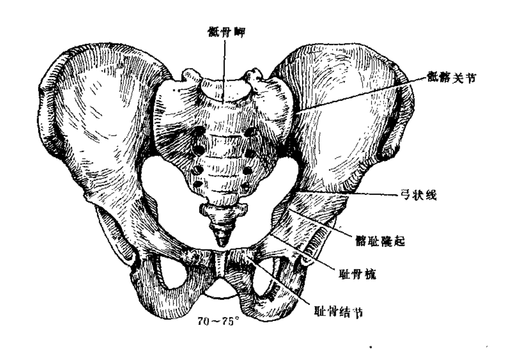
（3）骨盆腔　介于上、下口之间，为一短而弯曲的骨腔。后壁为骶、尾骨的前面，侧壁为髂骨体、坐骨体及坐骨上支，前壁为左、右耻骨。

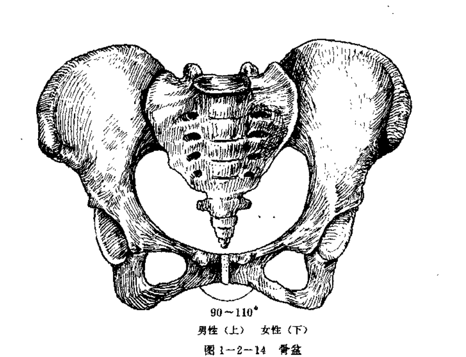
（二）股骨

1．股骨的形态　股骨（femur）为人体内最大的长骨，分为上、下两端及股骨干（图1－2－15）。

（1）上端　朝向前内上方弯曲，由股骨头、股骨颈及大、小转子构成。股骨头有光滑的关节面，与髋臼相关节。头的中央有一小凹，称为股骨头凹。股骨颈为股骨头下方较细的部分，呈长方形。前面平坦；后面光滑而凹陷；上缘短而圆钝，向外下方移行于大转子；下缘长而锐薄，向外下方移行于小转子。颈体之间形成一定角度，称为颈干角。

大转子为方形的隆起，位于颈体连接处的外侧。外侧面宽广而粗糙；内侧面有一深窝；上缘肥厚，下缘呈嵴状；前缘不规则，后缘钝圆并移行于转子间嵴。小转子为圆锥形的突起，位于颈体连接处的后内侧。前面粗糙；后面平滑。在两转子之间，前面有转





男性（上）　女性（下）

图 1－2－14　骨盆

子间线；后面有转子间嵴。转子间线与转子间嵴为颈体的分界线。

（2）股骨体　为圆柱形。上下两端较粗；中部略细并稍向前凸；前面圆隆而光滑；后面的中部有一条纵嵴，称为股骨嵴。此嵴分为内、外二唇，向上逐渐分开。其中外侧唇终于一粗糙部，称为臀肌粗隆；内侧唇又分为二条线，一条终于小转子，称为耻骨线；另一条止于转子间线。二唇向下也逐渐分开，外侧唇显著，终于外上髁，内侧唇移行于内上髁。两唇之间形成一三角平面，称为腘平面。

（3）下端　为全身长骨最大的端，有内外二个突向后方的髁状突起，分别称为内侧髁与外侧髁。外侧髁宽广，内侧髁狭长。两髁的前、后、下面为光滑的关节面。其中前部接髌骨，称为髌面，下面和后面接胫骨。内外两髁后面之间，有一深窝，称为髁间窝。髁间窝与腘平面之间，有一条横隆线，称为髁间线。内、外侧髁的两侧面，各有一粗糙隆起，分别称为内上髁与外上髁。其中内上髁较大，外上髁较小。

2. 变异　股骨可缩短、弯曲或肥厚，可全部或部分缺如。臀肌粗隆可异常粗大或缩小成窝。

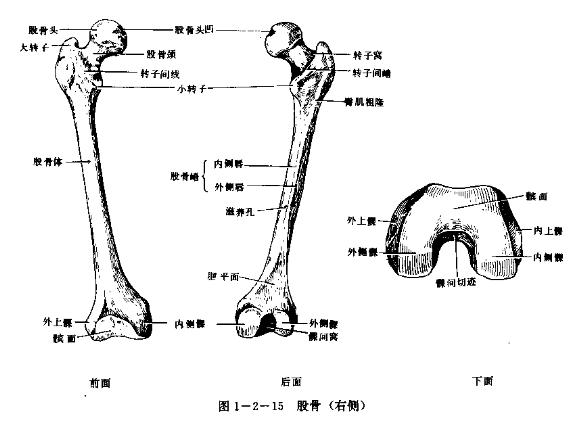


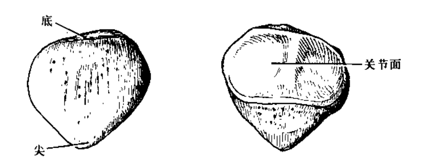
图1—2—15　股骨（右侧）

（三）髌骨

1. 髌骨的形态　髌骨（patella）为人体内最大的籽骨（图1—2—16），发生于股四头肌腱内。全骨扁平，略呈三角形，底在上，尖在下（图1—1—45）。前面粗糙而凸隆；

后面光滑，几乎全部为关节面，被一纵嵴分为二部，其中外侧部宽阔，内侧部狭窄。

2. 变异　可一侧或双侧缺如，或二分髌骨。



左：前面　右：后面

图1—2—16　髌骨

（四）胫骨

1. 胫骨的形态　胫骨（tibia）为三棱柱形的长管状骨，位于小腿的内侧，分为一体两端（图1—2—17）。

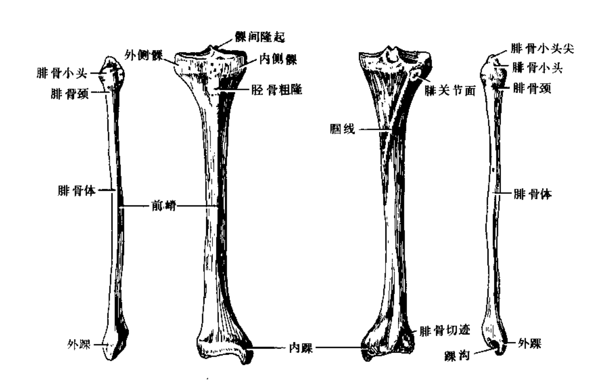
（1）上端　肥大，向两侧突出，形成内侧髁和外侧髁。两髁上面，均有凹陷的卵圆形关节面，与股骨下端相接，形成膝关节。两关节面之间，有一隆起，称为髁间隆起。隆起的前后，各有一窝，分别称为髁间前窝与髁间后窝。外侧髁的后下方，有一圆形的关节面，称为腓关节面，与腓骨小头相关节。胫骨上端前面，与体相接处，有一三角形粗隆，称为胫骨粗隆。

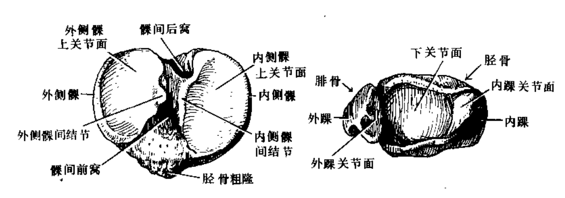
（2）胫骨体　呈三棱柱形。内侧面浅居皮下，介于内侧缘与前嵴之间；外侧面介于前嵴与外侧缘之间，上部微凹，下部微凸；后面介于内、外缘之间，上、下二部宽阔，中部狭窄。、

胫骨前缘或前嵴，上部锐薄，下部钝圆，上自胫骨粗隆的外侧缘，下至内踝的前缘，全长居于皮下。内侧缘起自内侧髁的后面，向下止于内踝的后缘。外侧缘或骨间缘，锐薄，为小腿骨间膜的附着部。

（3）下端　稍膨大，略呈四角形，可分为5个面：内侧面突出，成为内踝；内踝的外侧面光滑，称为踝关节面，与距骨相关节。外侧面呈三角形，有一切迹，称为腓骨切迹，与腓骨下端相接。前面下部和后面均较粗糙，其中后面有内外二条沟，内侧沟较深，称为踝沟，有胫骨后肌腱及趾长屈肌腱通过；外侧沟较平浅，通过踇长屈肌腱。下面呈四边形，光滑面凹陷，与距骨相关节。

2. 变异　有时全部或部分缺如，胫骨体扁平。





上左：腓骨、胫骨前面　上右：腓骨、胫骨后面　下左：胫腓骨上面观　下右：胫腓骨下面观

图 1—2—17　胫骨、腓骨

（五）腓骨

1. 腓骨的形态　腓骨（fibula）为细长的管状骨，居小腿的外侧，可分为一体两端（图 1—2—17）。

（1）上端　略膨大，称为腓骨小头。小头的内侧面，有一圆形的关节，称为小头关节面，与胫骨外侧踝相关节；小头的顶部呈结节状，称为腓骨小头尖。

（2）腓骨体　呈三棱柱形，有两条比较明显的嵴，一在前面，一在内侧面。前面的

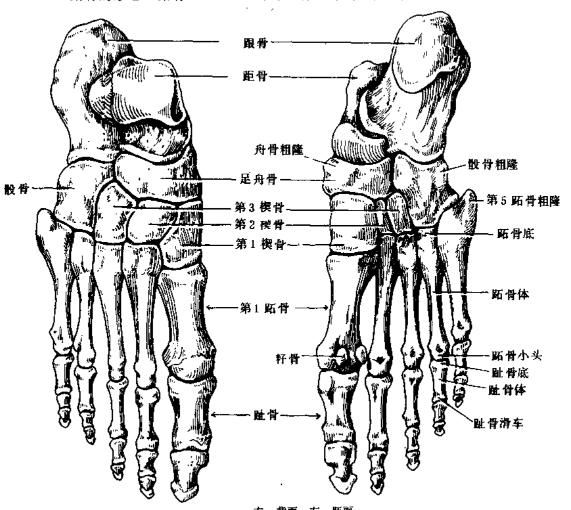
嵴，起自小头的前面，向下达外髁的后缘，上部锐薄，下部钝圆；内侧面的嵴，起自小头的内侧，向下达腓骨踝沟的内侧，上部钝圆，下部锐薄。

(3) 下端 向外侧突出，成为外踝。外踝的内侧，有一微凹的三角形的关节面，称为外踝关节面，与距骨相关节。外侧凸隆，居于皮下。后面有一浅沟，称为踝沟，通过腓骨长、短肌腱。

2. 变异 可出现部分或全部缺如。

(六) 跗骨

1. 跗骨的形态 跗骨 (tarsus) 均为短骨，每侧 7 块。分为近侧及远侧二列。近侧



左：背面 右：跖面

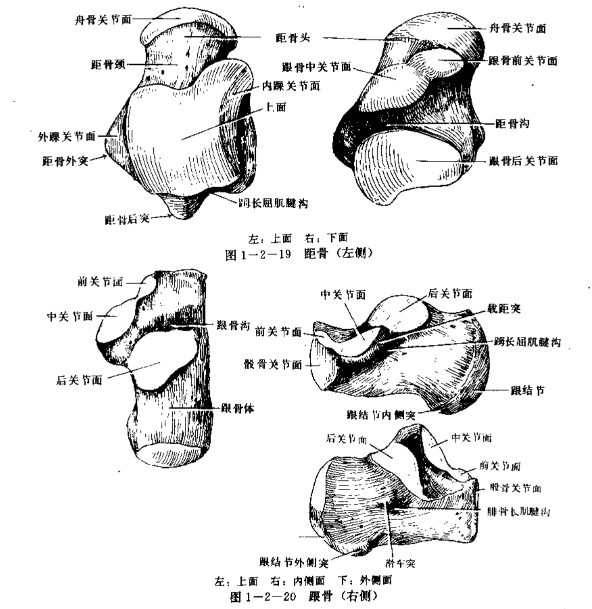
图 1－2－18 足骨 (右侧)

列有距骨、跟骨及足舟骨；远侧列有第 1、2、3 楔骨及骰骨 (图 1－2－18)。

(1) 距骨 位于胫、腓骨与跟骨之间，分为头、体及颈 (图·1－2－19)。

距骨头：为距骨前端的圆形部分，斜向前内下方。前面有一关节面，与舟骨相关节。

距骨体：近似四方形，上面有一滑车形的关节面，分内、外、上三部分，分别为内踝关节面、外踝关节面及上关节面，分别与胫骨及腓骨下端关节面相关节。外踝关节面



左：上面　右：下面

图1－2－19　距骨（左侧）

左：上面　右：内侧面　下：外侧面

图1－2－20　跟骨（右侧）

的外侧有一骨突，称为距骨外突。滑车的后下方，有一骨突，称为距骨后突。突的内侧，有一宽沟，称为踇长屈肌腱沟。下面有一深沟，称为距骨沟，沟前、后各有光滑的关节面，与跟骨相关节。

距骨颈：为距骨头、体之间的狭细部分，其下面有一自后内斜向前外的深沟，称为距骨沟。

变异：距骨的后下与前下方，可出现豌豆大的三角骨，或距上骨。

(2) 跟骨　为足骨中最大者，近似长方形，位于距骨的后下方。分为跟骨体与跟骨结节（图1—2—20)。

跟骨体：前面为一鞍状关节面，与骰骨相关节。后面凸隆，呈卵圆形，上部光滑，中部粗糙，下部斜向前下，居于皮下。上面有一深沟，称为跟骨沟。沟前、后各有关节面，与距骨相关节。跟骨沟与距骨沟相合，构成跗骨窦。跟骨体上面的内侧，有一扁平突起，称为载距突。下面狭窄而粗糙。内侧面凹陷，于载距突的下面，有一自后上方斜向前下方的浅沟，称为踇长屈肌腱沟。外侧面平滑，前部有一结节，称为滑车突。突的后下方，有一斜沟，称为腓骨长肌腱沟。

跟结节：为跟骨体后下方的骨突，突的下面有内、外两个突起。内侧者较大，称为跟结节内侧突；外侧者较小，称为跟结节外侧突。

变异：跟骨载距突有时向后方增大，与距骨相连，形成距跟骨桥；距骨与跟骨愈合成一体。

(3) 舟骨：近似舟形，位于距骨与楔骨之间(图1—2—18)。前面凸，有三个关节面，与三个楔骨相关节。后面凹，与距骨头相关节。上面粗糙而凸隆。下面粗糙而凹陷。内侧面有一向下方的圆形隆起，称为舟骨粗隆。外侧面粗糙，有时有一关节面，与骰骨相关节。

变异：舟骨粗隆异常增大，或舟骨粗隆骨骺分离；舟骨后上方有时出现舟上骨；舟骨与距骨愈合成一体。

(4) 楔骨　3块，近似楔形，位于舟骨与第1、2、3跖骨之间（图1—2—21)。第1楔骨最大，位于足骨的内侧；第2楔骨最小，位于三块楔骨中间；第3楔骨大小居中。

变异：第1、2楔骨之间，有时出现豆样大小的楔间骨。楔骨与骰骨，或与距骨，或与舟骨，有时愈合成一整体。

(5) 骰骨　形似立方体，位于跟骨与第4、5跖骨底之间（图1—2—21、22)。骰骨有时与跟骨或舟骨愈合。

（七）跖骨

1. 跖骨的形态　跖骨（metatarsus）为小型长骨，每侧共5块，与手的掌骨相似，但比掌骨长而宽。每个跖骨均分为底、体及小头三部分（图1—2—22)。第1跖骨短而粗，底上有一鞍状关节面，与第1楔骨相关节；底的下面有一粗隆，称为第1跖骨粗隆。第2跖骨最长。底有4个关节面，分别与第1、2、3楔骨及第1跖骨底相接。第3跖骨较第2跖骨短，底的后面，有一三角形的关节面，与第3楔骨相关节。第4跖骨底的后面，有四边形的关节面，与骰骨相关节。第5跖骨较第1跖骨长，但较细，体呈扁平状。底的后面，有一三角形关节面，与骰骨相关节。底的外侧，特别膨大，称为第5跖骨粗隆。

2. 变异　第1、2跖骨之间，有时出现跖间骨，多为双侧。第1跖骨有时很短。

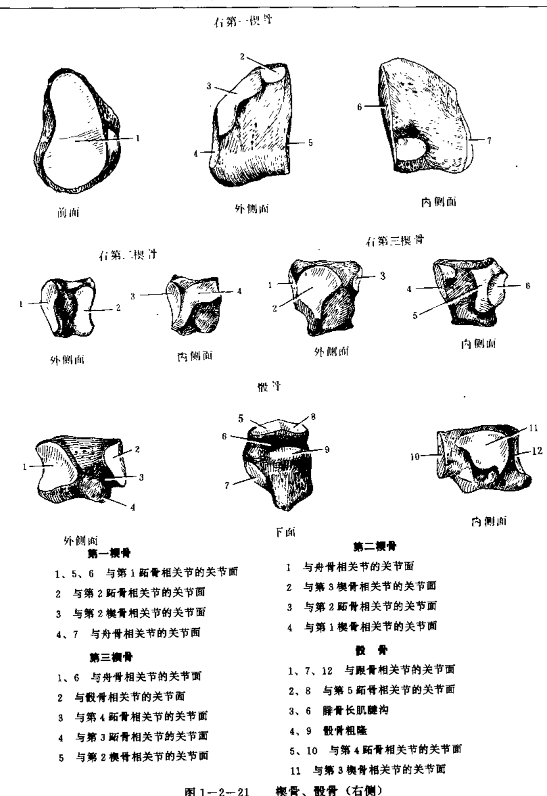
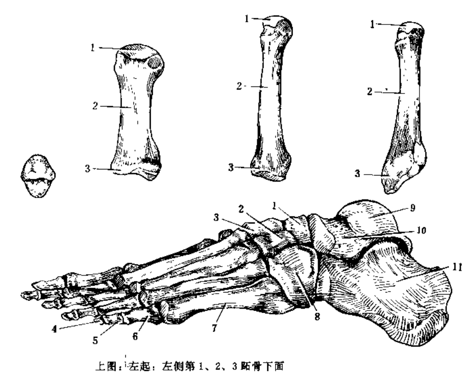


图1—2—21　楔骨、骰骨（右侧）

（八）趾骨

趾骨（phalanges）与指骨相似，可分为一体及二端。每侧趾骨共有 14 节，除踇趾有 2 节外，其余各趾均为 3 节。第 1 节趾骨，又称近位（节）趾骨，最长。第 2 节趾骨，又称中位（节）趾骨，短小。第 3 节趾骨，又称远位（节）趾骨，远侧端较宽阔，下面粗糙，称为甲粗隆。



上图：左起：左侧第 1、2、3 跖骨下面

1. 小头 2. 体 3. 底

下图：1. 舟骨 2. 第 3 楔骨 3. 第 2 楔骨

4. 第 3 节趾骨 5. 第 2 节趾骨 6. 第 1 节指骨

7. 第 5 跖骨 8. 骰骨 9. 距骨 10. 距骨颈 11. 跟骨

图 1—2—22 跖骨（上图）与左足骨外侧面（下图）

参 考 文 献

1. 河北医学院。人体解剖学。人民卫生出版社，1980。
2. 中国医科大学主编。人体解剖学。人民卫生出版社，1980。
3. 张鋆。人体解剖学。人民卫生出版社，1964。
4. 高士濂等。人体解剖图谱。上海科学技术出版社，1989。
5. 高士濂等。实用解剖图谱（四肢分册上、下）。上海科学技术出版社，1980，1985。

6. 金子丑之助。日本人体解剖学。南山堂，1975。
7. 益田米。ポケット解剖アトラス。文光堂，1987。
8. Стелин, А. А. Иннервацыя Скелета целовека, Издательство《Медицина》, 1965。
9. Синельников, Р. Д. Атлас Анатомии Человека, Медгиз, 1952。
10. Warwick, R, & Williams, P. L. Gray's Anatomy. 35th ed. Longman, 1973.
11. Grant, J. C. B. A method of anatomy—— Descriptive and Deductive. London: Bailliere. 1958。
12. Hamilton, W. J. Textbook of human anatomy. 2nd ed, London: Macmillan. 1976.

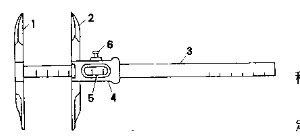
第三章　人体骨骼测量仪器与颅骨测量

第一节　人体骨骼测量仪器

一、对仪器的要求

测量方法国际统一，测量仪器也要求标准一致，并且要求精确轻巧，使用方便，经久耐用。我国从1954年起，开始研制人体测量仪器，并已能生产一系列品种齐全的人体测量仪器。但目前由于骨骼测量仪器系独家（江西南昌计量仪器厂）生产，故在经久耐用和使用方便等方面，还存在一些问题。

仪器在使用前，应校准仪器示值，使用后应用干净的软布擦拭干净，并在活动处涂上仪器油，在量口处涂上一薄层凡士林，置于包装箱内。长期不用时，应放在干燥通风并不受阳光照射的橱柜中，注意勿使其生锈或变形。



1. 固定直脚　2. 活动直脚　3. 主尺　4. 尺框　5. 游标　6. 紧固螺钉

图 1—3—1　直脚规

二、常用的仪器

常用的人体骨骼测量仪器有下列各种：

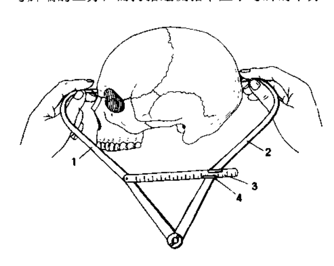
1. 直脚规 (sliding caliper)　由固定直脚、活动直脚、主尺及尺框等组成（图 1—3—1）。固定直脚与活动直脚的一端扁平，用于活体测量，另一端尖锐，用于骨骼测量。

主尺测量范围为0　200毫米，可测量200毫米范围以内的直线距离。近年来，随着

电子技术的进步，子尺框部已安装电子自动显示器。

2. 弯脚规（spreading caliper）　由两个弯脚、主尺及尺框等组成。主尺的测量范围为0—300毫米，可测量300毫米范围以内的直线距离。

弯脚规的持握方法：两手的拇指与食指各自夹住同侧的弯脚，食指的远侧指节扣在弯脚端的上方，而拇指近侧指节置于弯脚的下方（如图1—3—2）。



1. 左弯脚　2. 右弯脚　3. 主尺　4. 尺框

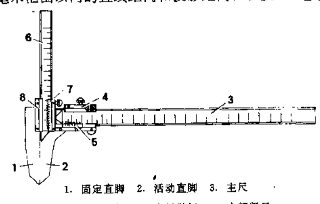
图1—3—2　弯脚规及其持握方法（示颅骨最大长）

3. 三脚平行规（coordinate caliper）　由固定脚、活动脚、中间竖尺与尺框等组成，依其固定脚和活动脚的形状不同，分为直脚式三脚平行规（图1—3—3）和弯脚式三脚平行规（图1—3—4）两种。

直脚式三脚平行规便于测量额骨、顶骨及枕骨的矢状弦与曲高，但不能测量小于中间竖尺尺框横径的测量项目。

弯脚式三脚平行规，由于其固定脚、活动脚的尖端与中间竖尺的尖端可接触在一点上，所以能测量小于中间竖尺尺框横径的测量项目。

主尺的测量范围为0—250毫米，中间竖尺的测量范围为0—±50毫米，可测量250毫米范围以内的直线距离和投影距离，以及50毫米范围以内的高度和深度。



1. 固定直脚　2. 活动直脚　3. 主尺

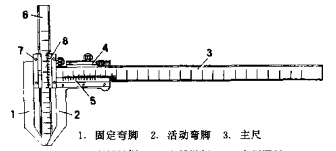
4. 主尺尺框　5. 主尺游标　6. 中间竖尺

7. 中间竖尺尺框　8. 中间竖尺游标

图1—3—3　直脚式三脚平行规

4. 马丁测高仪（anthropometer）　由主尺杆、固定尺座、活动尺座、管形尺框、两支直尺与两支弯脚等组成。

主尺杆由四节金属管相互套接而成，测量范围为0—2 000毫米，刻线“0”自地面开始，可用于测量人体的身高、坐高及体部的各种高度等。如在第一节金属管的固定尺座与活动尺座上各插入一支直尺时，则可作大型直脚规使用；其测量范围为0—500毫米，刻线“0”自固定尺座开始，可用于测量胸宽、骨盆宽、股骨长等。如各插入一支弯脚时，则可作为大型弯脚规使用，可用于测量桡、尺骨生理长。

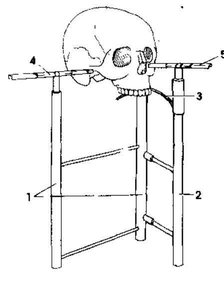


1. 固定弯脚　2. 活动弯脚　3. 主尺
4. 主尺尺框　5. 主尺游标　6. 中间竖尺
7. 中间竖尺尺框　8. 中间竖尺游标

图 1—3—4　弯脚式三脚平行规

5. 摩里逊定颅器(Mollison's craniophor)　由三个立柱(两个固定柱及一个活动旋柱)、滑轨、三角形刀杆及其他附件组成(图 1—3—5)。

用于固定颅骨，使其处于耳眼平面(法兰克福平面)的位置；其使用方法，参见颅骨测量。使颅骨在此位置上，可进行多种角度测量，如总面角、中面角、牙槽面角、额侧面角等。



1. 固定柱　2. 活动旋柱
3. 套筒上的弹簧片 4. 滑轨
5. 三角形支杆

图 1—3—5　摩里逊定颅器

附件：测耳上颅高器(auricular height spanner)　由竖尺、左弯杆、右弯杆及尺座等组成。竖尺的测量范围为 0—160 毫米，用于测量耳上颅高。其用法：将左、右弯杆的两端套插在摩里逊定颅器的两个固定柱上，移动竖尺即可测出具体数值。

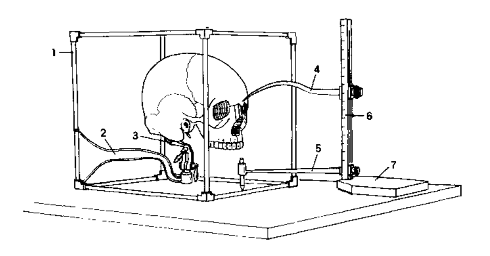
6. 立方定颅器(cubic craniophor)　由金属立方框架、悬臂及颅骨夹等组成(图 1—3—6)。金属框架可六面翻动，并保持与其他面垂直、平行。用于固定颅骨于耳眼平面或正中矢状面，以供描绘颅骨的轮廓图。其用法参见颅骨测量。

7. 马丁描骨器(diagraph)　由弓形指针、笔杆臂、轨尺柱及底座等组成。用于描绘固定于立方定颅器中的颅骨正中矢状面及水平面轮廓图等(图 1—3—6)，也可用于描绘其他骨骼的轮廓图。

8. 水平定位针(horizontal tracing needle)　由主柱、滑座、底座及水平针等组成。用于测定立方定颅器中颅骨的耳眼平面。借助水平定位针，使颅骨的左、右耳门上点及左侧眶下缘点处于同一水平面上。

9. 托颅盘(skull bowl for cubic craniophor)　属立方定颅器的一种附件，由直径 90 毫米的碗形金属圆盘和圆柱等组成。用于固定缺乏颅底的残破颅骨的位置，需与立方定颅器配套使用。

10. 持骨器(bone clamp)　由主柱、骨夹及底座等组成(图 1—3—7)。用于固定



1. 金属立方框架　2. 悬臂　3. 颅骨夹　4. 马丁描骨器的弓形指针
5. 笔杆臂　6. 轨尺柱　7. 底座

图 1—3—6　立方定颅器与马丁描骨器

长骨处于一定位置。

11. 平行定点仪 (parallelograph)　由导杆、支杆、水平针、垂直定点针、底座及上、下滑座等组成（图 1—3—7）。是测量上、下肢长骨扭转角的专用仪器。

使用时，先应仔细校正水平针与垂直定点针针尖的位置，使水平针的针尖与垂直定点针的上、下针尖处在一条垂直线上，然后拧紧螺钉，并利用上、下滑座将水平针、垂直定点针固定在支杆与导杆的相应位置上。

图 1—3—7　持骨器与平行定点仪

12. 测骨盘 (osteometric board)　由底板（水平板）、纵板、横板、三角板及其附件（钢圈、砝码）等组成。在底板上另装配一块同样尺寸的玻璃板，玻璃板下面衬一张座标纸。是测量长骨的专用仪器，装上附件（钢圈、砝码和丝线），可用于测量股骨颈干角、髁干角等。

13. 附着式量角器 (attachable goniometer)　由指针、刻度盘、支承框、弹簧片及紧固螺钉等组成。使用时，将支承框套入直脚规的固定脚上，用于测量颅骨的各种角度。

14. 卷尺 (plastic tape)　为宽 5 毫米、长 200 毫米的软尺，用于测量长骨的周径、

颅骨的周长、弧长等。一般也可用座标纸条代替。

15. 测齿规（sliding caliper with vernier）　由固定脚、活动脚、主尺及尺框等组成。固定脚与活动脚的一端为针状细棒，用于测量牙的颊舌径、近中径、远中径、牙全长等。活动脚的另一端呈 C 字形凹槽，用于测量小骨块。

主尺的测量范围为 0—150 毫米，测量精度为 0.1 毫米。

16. 测腭器（palatometer）　由竖尺、齿条、两支量脚及旋纽等组成。是测量腭高的专用仪器。测量范围为 0—30 毫米。

使用时，先将颅骨底朝上置于布沙袋上，然后将测腭器的两支量脚分别插入左、右上颌第一、二磨牙间的牙槽隔上，调节两个齿条的距离，使竖尺尖端恰好对准硬腭的正中矢状面上，再向下移动竖尺，使其尖端抵达硬腭上，此时竖尺上的刻线数字，即为腭高。

17. 测眶器（orbitometer）　由圆杆尺及套管等组成。是测量眶深的专用仪器。

使用时，先将套管口上的三角形小突起扣搭在眼眶下缘中点处，再把圆杆尺的起始端直抵视神经管的外侧缘上，此时圆杆尺上的刻线数字，即为眶深。

18. 测下颌骨器（mandibulometer）　由水平固定板、活动板、量角器、指针、主尺及挡板等组成。用于测量下颌骨的下颌角、下颌体长及下颌支高等。

使用时，先将下颌骨的下颌底缘置于水平固定板上，再调节活动板的位置，使下颌支后缘至少有三点与活动板相接触，然后拧紧量角器上的紧固螺钉，此时量角器上的刻度，即为下颌角的度数。

将上挡板接触下颌头上，此时活动板上的刻线数字，即为下颌支高。将下挡板接触在颏隆凸的最前面，此时水平固定板上的刻线数字，即为下颌体长。

第二节　颅骨的测量

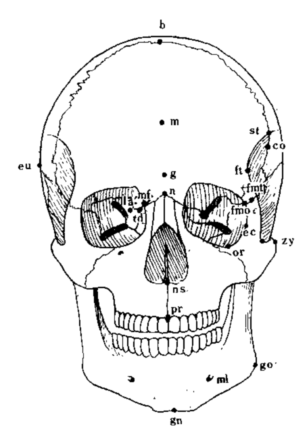
一、颅骨的法兰克福平面

在进行颅骨的测量，特别是各种角度的测量时，首先应把颅骨安放在特定的位置上，即法兰克福平面（Frankfurt horizontal plane，FH）。由于此平面是由左、右侧外耳门上缘点（po）和左侧眶下缘点（or）所在的水平面决定的，故又称耳眼平面（OAE，即 Ohr-Augen-Ebene）。此平面，是于 1884 年，由世界各国的人类学家，在德国的法兰克福城，召开测定方法协定会议时确定的。

具体操作方法如下：

首先，将摩里逊定颅器（三个立柱）立于水平的桌面上（用水准仪测试桌面是否水平）。然后，将不带下颌骨的颅骨放在摩里逊定颅器的支柱上（图 1—3—5），以其固定柱

上的左、右两个三角形刀杆（刃向上）对准左、右侧外耳门上缘点（po），再将其第三条活动柱上的三角形刀杆（刃向下）对准左侧眶下缘点（or）；然后，把活动柱上的套筒与弹簧片向上提起，使弧形弹簧片从下方顶住硬腭，拧紧套筒上的紧固螺丝。此时，颅骨所处的位置，即为耳眼平面。如果左侧眶下缘点（or）破损，则也可采用右侧眶下缘点（or）。



b. 前囟点	co. 冠缝点	d. 眶内缘点
ec. 眶外缘点	eu. 颅侧点	ft. 额颞点
fmt. 颞额颧点	fmo. 眶额颧点	g. 眉间点
gn. 颏下点	go. 下颌角点	la. 泪点
m. 额缝点	mf. 上颌额点	ml. 颏孔点
n. 鼻根点	ns. 鼻棘点	or. 眶下缘点
pr. 上牙槽前缘点	st. 冠颞点	zy. 颧点

图 1—3—8　颅骨前面的测点

颅骨的法兰克福平面，也可用立方定颅器和水平定位针来确定，具体方法如下：

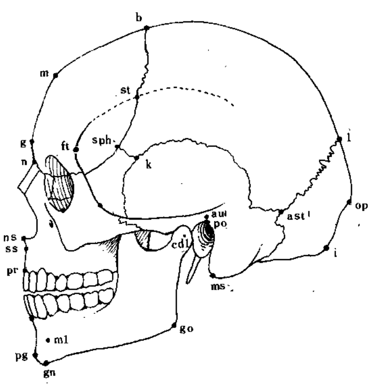
将立方定颅器的金属框架放在水平的桌面上（用水准仪测试桌面是否水平）。将立方定颅器的颅骨夹上的金属卡插入枕骨大孔，旋紧卡上的螺丝，再将颅骨夹上的金属圆柄

插入立方定颅器的悬臂上的圆孔中，此时，暂不要拧紧固定位置的螺丝。然后，用水平定位针测定左、右侧外耳门上缘点的高度，使其两点处于等高的位置；再用水平定位针调节左（或右）侧眶下缘点的高度，使其与左、右侧外耳门上缘点处于等高的位置。拧紧各固定位置的螺丝。此时，颅骨所处的位置，即为颅骨的耳眼平面。

用摩里逊定颅器（或立方定颅器）使颅骨所处的法兰克福平面与人体在标准的解剖学方位时（身体直立，两眼平视向前），其头部所处的位置一致。

二、颅骨的测点及测量位置图

颅骨的各主要测点及测量位置，如图 1—3—8、9、10、11、12、13、14。



ast. 星点　　au. 耳点　　b. 前囟点
cdl. 髁突外侧点　　ft. 额颞点　　g. 眉间点
gn. 颏下点　　go. 下颌角点　　i. 枕外隆凸点
k. 颞点　　l. 人字点　　m. 额缝点
ml. 颏孔点　　ms. 乳突点　　n. 鼻根点
ns. 鼻棘点　　op. 颅后点　　pg. 颏前点
po. 外耳门上缘点　　pr. 上牙槽前缘点　　sph. 蝶点
ss. 鼻棘下点　　st. 冠颞点

图 1—3—9　颅骨侧面的测点

au. 耳点　　ba. 颅底点　　ast. 星点

eu. 颅侧点　　o. 大孔后缘点　　po. 外耳门上缘点

ol. 口点　　sta. 口后点　　zm. 颧颌点

zy. 颧点

图 1—3—10　颅骨底面的测点

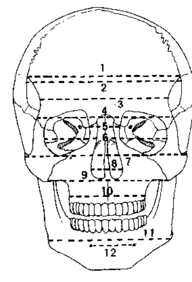
三、颅骨角度的测量

(一) 与耳眼平面（法兰克福平面，FH）有关的角度的测量（直接测量）

应用附着式量角器、直角规、Mollison 氏定颅器及水平定位针等直接测量(图 1—3—15)。

(二) 与耳眼平面（FH）无关的角度的测量（间接测量）

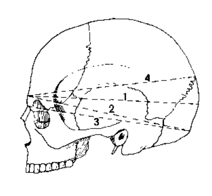
1. 应用立方定颅器、水平定位针、马丁描骨器、直尺、铅笔、白纸及有机玻璃量角器等绘制颅骨正中矢状面轮廓图进行间接测量。



1. 冠颞点间宽
2. 额骨最大宽
3. 额骨最小宽
4. 上面宽
5. 前眶间宽
6. 两眶宽
7. 面宽
8. 鼻宽
9. 中面宽
10. 上颌牙槽宽
11. 下颌角间宽
12. 颏孔间宽

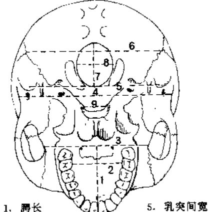
图 1—3—11 颅骨前面观

(示各种宽度的测量位置)



1. 颅骨最大长
2. 眉间点至枕外隆凸点长
3. 鼻根点至枕外隆凸点长
4. 眉间点至人字点间长

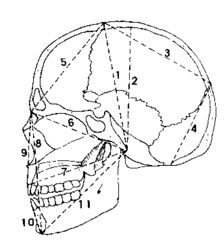
图 1—3—12 颅骨侧面观(示各种长度的测量位置)



1. 腭长
2. 腭宽
3. 颅骨最小宽
4. 耳点间宽
5. 乳突间宽
6. 枕骨最大宽
7. 枕骨大孔长
8. 枕骨大孔宽

图 1—3—13 颅骨底面观

(示颅骨各种测量位置)



1. 颅高
2. 全颅高
3. 顶骨矢状弦
4. 枕骨矢状弦
5. 额骨矢状弦
6. 颅底长
7. 面底长
8. 全面高
9. 正面高
10. 下颌联合高
11. 下面长

图 1—3—14 颅骨正中矢状面观

(示颅骨各项测量位置)

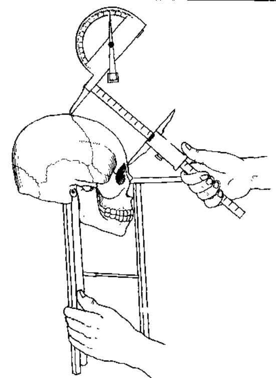


图 1—3—15　前囟角的测量

2. 应用测量计算法进行间接测量　据丁士海研究(1983),根据数学的余弦定理,对颅骨 20 项与法兰克福平面无关的角度,采用测量计算法进行测量,具有操作简单易行,无需投影描绘仪及定颅器等设备,节约时间,精确度高和误差较小等优点。必要时可资参考。

(孙尔玉)

参考文献

1. 吴汝康、吴新智、张振标。人体测量方法。科学出版社，1984。
2. 邵象清。人体测量手册。上海辞书出版社，1985。
3. 丁士海。颅骨某些角度的测量计算法。人类学报，1983；2（4）：390。
4. 横尾安夫等。人類学、先史学講座。雄山閣，1938。
5. 人間工学人体計測編集委員会。人体計測値図表（デザインのための資料）。人間と技術社，1975。
6. Martin, R, und Saller, K. Lehrbuch der Anthropologie. 3. Autl, Bd 1. Stuttagrt, 1957.
7. 颜訚、何光篪。Prediction formulae for the auricular height and the cranial capacity of the Chinese skull. 华西协和大学中国文化研究社集刊，1943；3（1—4）：1—10。

第四章　现场骨骼的收集、处理与实验室检查

第一节　现场骨骼

所谓现场骨骼，即指在一定地点发现的有问题的骨骼。这些有问题的骨骼，多半是由建筑工人在修建施工中，农民在兴修水利中，猎人或游人在山间、森林中发现。

一、现场与案情

现场：分室内、室外，地上、地下，森林中，草丛里，山洞，水中等等。

案情：

1. 现场骨骼，一般都是来自长时间的失踪者。
2. 这种无名尸骨，常见于他杀案件。
3. 有时亦见于自杀，或突然病死，或不幸意外死亡，而长时间未被人发现。
4. 偶尔见于车祸，或其他肇事。肇事者为了灭迹而将牺牲者掩埋，或抛于山间、水中，或焚烧等。

二、现场骨骼的特点

1. 由于多半是来自长时间的失踪者，所以发现时，尸体已高度腐败或毁坏，而导致面目皆非，难以确定其身源。
2. 多半已白骨化，即软组织已全部消失。
3. 也常见有零散尸骨或尸块，此乃多见于碎尸案件，或被动物撕碎。
4. 焚烧尸骨。

三、现场骨骼的收集

(一)已埋葬尸骨的收集

1. 现场勘查　尸骨现场，与其他犯罪现场有相似处，既可为勘查人员提供认定嫌疑人、受害人的身源，也可成为提供犯罪过程的重要出发点。现场上发现的物证，往往能成为侦破案件的钥匙。所以，在收集尸骨的同时，认真做好现场勘查是十分必要的。

(1)照相：包括常规的方位照相、概览照相、细目照相及物证照相等。方位照相时，应注意标出尸骨与周围主要景物的相对位置关系(如高度、距离、方向等)，必要时要在记录中加以注释。如有条件，最好使用录相设备。

(2)绘图:为了正确的记录尸骨的位置关系及与现场的方位情况,光有照像是不够的。通常还要绘制现场图。一般的尸骨现场图,常采用格子定位法(method of gridding the location of human skeletal remains)来绘制(图1—4—1)。

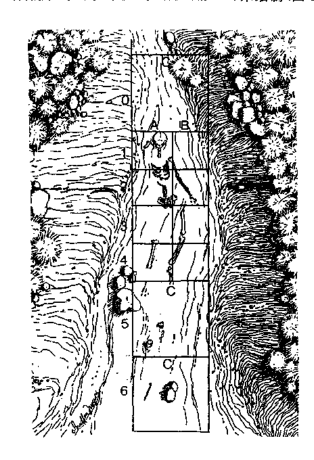


图1—4—1　格子定位法

(Svensson etal,1978)

①以尸骨为中心画一个1.6×1.6m的方格,使所有的物件均在此方格内,以表示与尸骨的位置关系。

②如果为了对上述范围以外的区域进行详细勘查,可扩大画一个3.2×3.2m的格子。

③在上述的1.6×1.6或3.2×3.2m的方格内,还可进一步细分格,并分别于上侧与左侧编注号码1、2、3……及A、B、C……等。

④借助于上述编注号码的方格,便可以详细标注尸骨及其他物件的具体位置,如某物件存在于B—2,某物件存在于A—3等等。

⑤现场图与方位照相等,一律要标出南与北的方位。

(3)记录(登记)

①一般应备有事先准备好的表格。这样记录起来,既方便又不至于遗漏。

②同其他犯罪现场记录相似,即记录应完整全面,准确细致,避免使用含糊不清的词语。字迹清晰,不可潦草。

③记录内容,应包括:报案人的姓名、时间及简要案情情况;现场的位置(地理方位)及简要说明现场周围的情况,包括地形(如山地、田野、水边等等)、植物的种类及其他自然环境;收集尸骨的情况(包括名称、件数、性质及尸骨的埋藏情况等)及其他物证的情况;勘查时间及人员姓名等。

2.尸骨的收集

(1)在拾取尸骨之前,应首先画出现场尸骨图,并做各种拍照及记录。

(2)于尸骨的腹部(腰椎处附近)及尸骨附近,各取一份泥土样本,供毒物分析。

(3)拾取的原则及装运

①先小后大:首先要在颅骨(主要是上、下颌骨)附近,桡、尺骨及胫、腓骨的远端,搜寻

牙、手骨和足骨。并注意清点数目，尽量做到没有遗漏。因易与石块、树枝等杂物混淆，所以必要时可用细孔筛子筛寻。牙、手及足骨，混装一袋或分装数袋均可。

②长骨的拾取：在拾全手、足骨之后，进行长骨的拾取时，要首先松动长骨的两端，然后用两手从两端对持将其拾起，切勿从长骨的中间部提起，以防骨折。拾取后，刷去浮土，包装后系上标签，放入箱内。

③颅骨的拾取：在拾全牙后，进行颅骨的拾取时，应首先用棉球将颅骨两侧的外耳道塞住，以防听小骨丢失。然后，用长柄药勺、长柄刀或镊子等器械，从枕骨大孔处将颅内杂质取出。因脑颅骨与面颅骨的连结比较脆弱，所以在拾取与包装时，勿使其分离。因一旦分离后，再使其复原是很困难的。

④各骨在装运时，切勿挤塞过紧，以防骨折或骨质受损。

3. 物证的收集

(1)与个人识别有关的物证：如衣服、毛发、钮扣、戒指、饰物、硬币等。

(2)与犯罪行为有关的物证：如绳索、口袋、子弹、凶器(包括金属和玻璃制品等)，以及用于堵塞受害人口腔的物品等。

(3)收集时，应注意上述的物证，有时与泥土混杂在一起，此时应注意筛寻。附着在尸骨上的物件(证)，在未充分检查之前，切勿使其分离。

(二)露天尸骨的收集

1. 现场勘查：同前。

2. 尸骨的收集

(1)绘制现场尸骨图，拍照、记录，拾取泥土样本，拾取尸骨的原则及物证的收集等，完全同已埋葬尸骨的收集。

(2)收集露天尸骨应注意的事项

①注意尸骨与其周围植物的生长关系。如尸骨下的植物，有否被闷死或全无植物的情况。尸骨上的植物，有否植物的根须生长，或被植物(苔藓、杂草、树木等)遮盖。是人工的，还是自然生长的等等。如果尸骨上已有植物的根须生长，则要连同植物根须一并拾取，以便留作分析判断死亡时间之用。

②在逐步、细致廓清尸骨的环境同时，要细心搜寻可疑物件(证)。

(三)火化尸骨的收集

1. 火化尸骨是指将尸体或尸块投入取暖用锅炉，或家中炉灶，或其他火堆中火化后的尸骨。

2. 火化尸骨的特点：火化后的尸骨不会被火完全毁坏，即便是现代的火葬也不会将尸骨灰化，只能使骨变形(破裂，或扭曲)和骨质变脆。火化后的尸骨，一般呈白色，或灰白色。

3. 火化尸骨的拾取

(1)无论在锅炉的火室或灰室，也无论在家中的炉灶或火堆，都要注意筛寻，不使一块尸骨漏掉。因为即使一块极小的骨块，对于判断骨的种属、人骨的年龄和性别等都是很重要的。

(2)牙的拾取，尤为重要。牙冠在热作用下可能破裂，但牙根却常常保持完整。至于未萌出的牙则更少破裂，且无明显变形。

(3)拾取和检验火化尸骨时，应注意其脆弱性。所以，在包装和保存时，应根据骨块大小，分别用棉花或其他软衬物包装，然后装入试管、玻璃瓶或纸箱中。并在其表面注明易碎的标志，以防挤压。

第二节　骨骼的处理

一、白骨化尸骨的处理

这种尸骨，由于长时间埋于土中或露天风化，软组织已经烂尽，骨髓腔内的脂肪已基本脱净，所以无需脱脂。但尸首表面往往沾有土锈，所以需要清洗和消毒。

1. 一般检验　在清洗和消毒之前，应对尸骨进行一般检验，特别是对有利于进行个人识别的部位，以及有明显损伤或有病变的部位，包括着色情况等，进行拍照和记录。

2. 清洗和消毒

(1)为防止小块骨、碎骨片、牙及子弹头等异物丢失，①采用密闭的水池，②颅骨，手、足骨及牙等；要分别装入纱布袋内。

(2)将准备好的尸骨，一一放入池内(注人 3—5%的洗衣粉和来苏儿的混合液)浸泡 1—2 日。

(3)用软毛刷流水刷洗。

(4)置于室温下遮阴处使干(曝晒虽可消毒杀菌，但易使骨骼发生龟裂)，1—2 日内可完全干燥。此时，即可进行检测。

3. 长期保存　如需长期保存，则需配制丙烯树脂丙酮液(呈乳汁状，注意其易燃性)。

(1)将干的骨骼放入丙烯树脂丙酮液内浸泡，直至溶液表面形成水泡为止。

(2)用夹具将骨取出，待多余的丙烯树脂丙酮液自然滴净为止。

(3)然后置于铁丝网上，自然干燥，随时翻动，以防粘着。8—24 小时后可完全干燥。

二、有软组织附着尸骨的处理

现场提取的带有软组织附着的尸骨，一般都是失踪时间不长，或处于冰雪之中的尸体。对于身源或案情的判别，相对比较容易一些。

(一)一般检验

检验软组织及尸骨有否伤痕或病变,包括着色情况等,并进行拍照和记录。

1. 有皮肤存在　检查皮肤的颜色。由于腐败,黄种人及白种人的皮肤常呈现暗褐色或黑色。黑种人的皮肤有时呈现灰色。由于火烧,如果表皮已不存在,有人建议用组织切片法,观察皮下黑色素颗粒与黑色素细胞的数量,来判定人种。如皮肤上有疤痕或文身,则要精确测量、照相及记录。由于肤色变黑,小的疤痕或文身常被掩盖。所以,一般可放入10%的福尔马林溶液中固定,短时间内可见肤色变白,即可看清疤痕或文身。但固定不久,肤色又变黑。此时,可用紫外线照像,则能明显看清皮肤上的疤痕或文身,有利于个人识别。

2. 有毛发存在　可由发型推定人种,并可判定血型。

3. 残存肌肉　可用来判定性别及血型。

4. 碎骨片和指甲　也可以用来检验血型。

(二)尸骨的处理

经过一般检验之后,即可把软组织尽量剔除干净,但不要损伤骨质。然后,用下列方法做进一步的处理。

1. 水煮法

(1)首先将牙,手、足等短小骨块用纱布袋装好,以防丢失。

(2)将准备好的尸骨放入容器中(特制的桶型锅或铁锅均可),加适量水(以能淹没尸骨为准),然后用小火慢慢加热。

(3)煮沸过程中,应不停地翻动、检查。煮沸的时间,一般以3—4小时为宜,以肌腱能轻易脱离骨面为准。一般说,长骨的煮沸时间可长一点,短骨、扁骨和不规则骨的煮沸时间要短一点。

(4)若长骨的骺端没有愈合,则于煮沸前应用纱布包好,以防煮沸时脱落。

2. 加压蒸煮法。

(1)牙、短骨及手、足骨等用纱布袋装好,以防丢失。

(2)将尸骨放入蒸锅内(脊柱标本,要用宽面刀将椎间盘切断。因椎间盘在煮沸时,因膨胀而使椎体边缘破坏),加水浸没,先小火加热,逐渐升温,待煮沸后加压(维持150kg液压)2小时左右。

(3)取出尸骨放人38—40℃水槽中浸泡3—5昼夜。

(4)流水冲洗。如仍有软组织块,用小刀剔除。

(5)阴干后,即可检测。

(6)如需长期保存,还需进一步脱脂、漂白和表面处理(详见后)。

3. 生石灰包埋法

(1)牙、短骨和手、足上的指(趾)骨等用纱布袋装好,以防丢失。

(2)将尸骨与生石灰交替放入盛器(水缸内),但不宜装满,以防水和石灰溢出。生石灰应取新制块状结构为好,否则消解时因产热不高而影响效果。

(3)按石灰与水为1:15的比例,向盛器内加水,见滚开后,加盖密封,以保持温度。

(4)10小时后,测试温度。如超过200℃时,可加水调节,以防因温度过高而损坏骨质。在测试温度的同时,检查骨骼的处理情况,如有处理好者,可提前取出。

(5)一般需24小时后,将尸骨取出。如仍有少量软组织附着可用刀刮去,流水刷洗后,放入清水内浸泡10小时,捞出晾干,即可检测。

(6)如需长期保存,须脱脂、漂白和表面处理(详见后)。

4.热药液(anfiformin液)浸煮法

(1)药液(Antiformin液)的配制。

①碳酸钠150g溶于250ml水中。

②漂白粉100g溶于750ml水中。

③将①和②两液充分混合,搅拌3—4小时。

④向混合液中加入等量(1:1)15%氢氧化钠溶液,即成Antiformin液。

(2)步骤:

①用刀尽量剔除骨周围的软组织块。

②将准备好的尸骨放入Antiformin液中,使其充分淹没于药液中。

③加热至沸腾短时间后,维持50—60℃3—6小时。时间长短依组织块脱落的程度而定。未达到要求者,可反复进行多次,但应随时检查骨质情况,注意防止药液太浓,或浸煮时间太长而造成骨质破坏。

④煮好后,取出尸骨用流水冲洗,使干,即可检测。

⑤如需长期保存,须脱脂、漂白和表面处理(详见后)。

5.浓碱液浸泡法　用20%氢氧化钠浸泡尸骨,室温下浸泡3昼夜,即可除掉骨周围的软组织。

6.强过氧化氢水浸泡法　将尸骨放入强过氧化氢水中浸泡,较小而扁薄的尸骨,约需一昼夜,即可得到除掉软组织的漂白骨标本,骨盆、股骨、胫骨及颅骨等较大而又粗厚的尸骨,约需2—4昼夜,可得到除掉软组织的漂白骨标本。

7.三氯乙烷法　适于处理椎骨。将脊椎放入三氯乙烷脱脂浴中浸泡2—3昼夜,取出流水冲洗后,再放入过氧化氢液中浸泡2—3昼夜,即可得到除掉椎间盘的漂白骨标本。

(三)脱脂

骨髓腔内的脂肪,除白骨化尸骨用浸泡或蒸煮方法能除净外,一般很难除净。未清除脂肪的骨标本,在长期使用和保存中,油脂会缓慢渗出,污染生霉,有碍使用,并会使标本

受损。因此，凡长期使用和保存的骨标本，必须彻底清除骨内的脂肪。方法如下：

1. 有机溶剂浸泡法

溶剂：通常采用挥发性好、无色、价廉的溶剂。如：汽油、工业酒精、丙酮、二甲苯、氯仿、乙醚等。常用纯汽油或纯二甲苯。

方法：将蒸煮阴干后的骨标本，浸泡于有机溶剂中。成人颅骨和骨盆需 2 周，四肢骨需 3—5 个月，中间换一次溶剂。浸泡脱脂后，再用热水加洗衣粉或碱溶液洗刷，直至骨表面附着的油污全部除净为止，然后阴干，使骨内的水分脱出。

2. 热四氯化碳脱脂法

器材：热四氯化碳脱脂装置，系用薄铁制成的三层铁箱。上层铁箱为冷却水箱，中层铁箱底部放置四氯化碳盘及标本放置格板，下层铁箱为加热水箱。

步骤：把处理好（干燥）的尸骨放在格板上。把 500—1 000 毫升四氯化碳洒泼在尸骨上。多余的四氯化碳自然地流进盘内。升火加热水箱，每日一次，共约一周。

原理：四氯化碳遇热变成蒸气，熏蒸尸骨，气态四氯化碳遇上方冷却的水箱，又凝集下落，浸入尸骨，溶解脂肪，流入盘内。由于四氯化碳的循环，可不断地将尸骨内脂肪溶解，直至除净。

注意：四氯化碳气体有毒，要在通风厨内进行，并注意防护。

3. 热洗涤剂循环加压脱脂法

器材：①热洗涤剂循环加压装置，由耐压溶器和洗涤剂容器两部分组成。系由耐压薄钢板制成，高 60—70cm，直径 40cm，耐压 $6kg/cm^2$。②金属网篮。

其步骤如下：

(1)把处理好的待脱脂的尸骨放入耐压容器内的金属网篮内。

(2)在洗涤剂容器内配好洗涤液，加热至 50℃左右。

(3)打开连接开关，将热洗涤剂输入耐压容器内，浸泡尸骨。

(4)关闭连接开关，向耐压容器内注入压缩空气，加压至 $3kg/cm^2$。保持一段时间。

(5)打开耐压容器的龙头，降低容器内压力，由于压力骤然下降，骨髓腔内被热洗涤剂乳化的脂肪，经滋养孔喷出。

(6)如此反复数次，直至骨髓腔内脂肪洗净，然后用清水反复加压冲洗，直至骨表面上的油污除净为止。

（四）漂白

用于精制陈列尸骨。一般尸骨不必漂白，急需检测的尸骨，甚至可不必脱脂。因为漂白只是为了增加美观，有时在漂白过程中会对骨质造成一定的损害。

1. 过氧化氢法　过氧化氢，又名双氧水，是强氧化剂，能放出新生氧使尸骨漂白。其步骤如下：

(1)将过氧化氢倒入密闭容器内,注意避免与眼及皮肤接触,并远离易燃品。

(2)将尸骨置于容器内,使过氧化氢充分淹没尸骨。然后加盖防止氧丢失。

(3)如浓度为10%的过氧化氢,则浸泡1—3日即可;如浓度为5%的过氧化氢,则延长浸泡时间3—4日,中间可更换一次溶剂,效果会更好。

(4)取出后流水冲洗,使干。

2.漂白粉法　漂白粉或漂白粉精。为强氧化剂,前者含有效氯为35%,后者含有效氯为45—70%,均能溶于水,同时分解生成次氯酸(HClO),使有色物质迅速分解。其步骤如下:

(1)配制浓度为2—3%漂白粉溶液若干(视能浸泡尸骨为宜)(如用漂白粉精,其浓度为1—2%)。

(2)将尸骨置入配制好的漂白粉溶液内浸泡,1—2日,随时注意漂白情况,因浸泡时间太长会损害骨质。

(3)取出流水冲洗,使干。

(五)表面处理

长期保存的尸骨,经清洗、脱脂和漂白之后,还须进行表面处理,这样可增加尸骨的防潮性能,提高表面强度和光洁度,使之不易污染和风化,从而起到保护作用。

1.石蜡浸渍

(1)将硬蜡加热130℃左右,使其溶化。

(2)迅速将准备好的尸骨浸入溶化的石蜡液中一分钟(保持在110℃以上)。

(3)取出冷却,刮除多余的石蜡,用粗布拭擦。

2.喷漆

(1)涂料:硝基清漆,不饱和聚脂清漆、聚甲基丙烯酸酯。均为无色透明涂料。

(2)薄层涂刷于尸骨表面,干燥后重复涂刷2—3次,选在晴朗干燥天气涂刷为好。

3.聚乙烯醇缩丁醛浸膜:

(1)备用20%的聚乙烯醇缩丁醛酒精溶液若干(视能浸没尸骨为宜)。

(2)将备用好的尸骨浸入聚乙烯醇缩丁醛酒精溶液内10分钟。

(3)取出尸骨放于金属网上滴尽多余的溶液,可随时用毛刷除尽多余的溶液。

(4)在20—30℃室温下悬挂1—2小时。

(5)干燥后,可再重复浸膜一次。

三、骨骼的修复

现场拾取或间接送检的骨骼,不一定都是完整无损的,有的是因某种原因(他杀、自杀或自然灾害等)导致骨骼破损,有碍检测,为有利于检测,常需进行修复,方法如下:

(一)导线连接法

器材:细钻头、细铜线、鸭嘴钳、虎钳等。

步骤:①用虎钳夹住骨片。②用细钻头沿骨折线的两侧钻孔(钻孔间距酌情而定)。③用细铜线穿入孔中,用鸭嘴钳拉紧,结扣。

(二)胶接法(1)——蜡胶

1. 蜡胶的制备

(1)试剂:蜂蜡 1kg,松香 300g,油画用油 10g,油画用染料 15—20g。

(2)将蜂蜡和松香分别融化至液状,然后将松香注入融化的蜂蜡中。

(3)将混合物加热至沸。

(4)向混合物中注入油画用油,自然冷却凝固后,再加油画用染料。

2. 粘接方法

(1)用热的薄匙取少量蜡胶,均匀薄层涂于相对应的骨折断缘上。

(2)涂好后,沿骨折线合拢,并在酒精灯火焰上温热,见蜡胶熔化后合紧,离火冷却即胶接成功。

(三)胶接法(2)——502 胶

1. 试剂:502 胶(市场出售)

2. 502 胶的特点:①502 胶的主要成分是 α—氰基丙烯酸 2 酯。②粘合力强、迅速,在室温下一分钟即可粘合,24 小时后达最大值。③易溶于丙酮,所以如有粘接错误时,可用丙酮溶开,重新粘接。④不污染或掩盖损伤痕迹,便于检验。⑤如暴露于空气中,一小时即失效,所以不用时应立即加盖放入冰箱中保存,有效期三个月。

3. 粘接方法:先将碎骨片沿骨折线合拢,然后沿骨折线注入 502 胶(不宜过多),一分钟后即可粘合,注意勿与皮肤接触。

四、骨骼的复原

意义:①确定是 1 人骨,还是多人骨,并能检验尸骨的缺失和破坏情况。②有助于个人识别。

条件:检验人必须具备人体骨骼的解剖学知识,即包括骨骼的名称,形状及正常部位(上下端、前后面,四肢骨包括侧别)等。

方法:将尸骨放到解剖工作台上(一人长的平面桌也可),按正常人体解剖学方位,摆放各部位的尸骨,必要时可参照解剖学图谱。

除肋骨外,一般均无太大的困难,故现将肋骨的鉴别特点介绍如下:

1. 侧别鉴别点　肋下缘有沿肋骨长轴走行的肋下沟；外面（第一肋为上面）光滑，内面（第一肋为下面）粗糙。

2. 顺序鉴别点　根据长度（全长）、弯曲度和肋骨外面倾斜度鉴别 1—12 肋的排列顺序。

（1）全长（弓长）：肋骨头最高点至肋骨胸骨端之间的曲线长度，用软尺沿肋骨外面测量。

（2）弯曲度：肋骨角外面至肋骨胸骨端的结合线与肋骨最大弯曲处的垂距。

（3）肋骨外面的倾斜度：将肋骨自然放置于平面上，使肋骨胸骨端下缘及肋骨角下缘做为支撑点，此时的肋骨体外面与水平面所成的角度（<90°，=90°，>90°）。

3. 各肋的主要特点　见表 1—4—1。

表 1—4—1　　各肋的主要特点

肋别	全长	弯曲度	倾斜度	其他
1	最短	最大	最小	
2	短	大	小	中部外面粗糙
3	短	大	约 45°	
4	短	大	约 60°	
5	最长	中等	近 90°	
6	最长	中等	90°	
7	最长	中等	90°	边缘锐利
8	最长	中等	>90°	下缘最锐利
9	渐短	小	>90°	
10	渐短	小	>90°	
11	渐短	小	>90°	肋骨头关节面一个
12	渐短	小	>90°	肋骨头关节面一个

第三节　骨的种属鉴定

在古代遗址的发掘中，或在现代墓葬中，有时会发现与人类有密切关系的动物（猪、羊、牛、马、狗和猫等）骨骼存在。现场采集或送检骨骼，也有时是骨骼的一部分，从大体上观察，难以确认是人骨，还是动物骨（如椎骨、肋骨等）。此时，需要做骨的种属鉴定。

一般说，区分人骨与非人骨并不难，但如果要求区分出是哪一种动物骨，则需请有关动物学专家协助鉴定。

现将一般鉴别人骨与非人骨（动物骨）的要点介绍如下。

一、大体解剖学的种属鉴定

（一）颅骨的鉴别

现场采集，或送检的骨骼，如果是完整的颅骨，则不难鉴别是人的颅骨，还是动物的颅骨。一般来说，人的脑颅骨大于面颅骨，而动物的则相反。此外，动物的颌骨发达，而人的则恰好相反。其他，如鼻、眶部的骨性结构等，差别亦十分明显。

（二）牙的鉴别

人牙排列十分紧密，牙冠与牙根的比例大致相等。切牙较小，且切缘平直。尖牙也小，且尖端较钝。前磨牙为双尖牙。上颌磨牙通常有 4 个尖，下颌磨牙有 5 个尖。

灵长类动物的牙，多与人牙相似，但中切牙较大，侧切牙较小，尖牙较长。

食草类动物的切牙较大，牙冠较短，但牙根特长。一般没有尖牙。前磨牙与磨牙相似，颊侧的咬合面呈“W”形，舌侧的咬合面较圆凸，并有新月形的牙漏斗。

食肉类动物的切牙呈匕首形，尖牙大而尖锐，并常常突出于牙列之外。磨牙的牙尖发达，并有很多的尖锐突起。

此外，人牙的切牙牙髓腔呈梭形，磨牙的牙髓腔呈“M”形。而动物的牙髓腔形状不规则，也无一定规律。

（三）躯干骨的鉴别

1. 椎骨　有时难以鉴别。与动物相比，人的颈椎较小，椎体横径大于纵径，关节面与关节突不发达，椎孔较大。而动物椎体较大，椎孔较小，椎体横径与纵径大致相等，关节面与关节突发达。此外，动物的上位胸椎棘突极为发达，下位的胸椎与人的腰椎相似。动物的腰椎椎体较小，横径大于纵径，横突极为发达，超出棘突。

2. 胸骨　由于人体直立行走，上肢灵活运动，所以人的胸骨柄相对发达，并形成特殊形态的胸锁关节和第一胸肋关节。

3. 肋骨　人与动物的肋骨最易相混。其主要鉴别点如下：

动物的上位肋骨较平直，而人的肋骨呈弧形。动物的下位肋骨，其肋结节明显突出，而人的肋结节相对不明显，并与肋体呈平滑过渡。动物的肋角较大，弯曲度较小，而人的肋角则较小，弯曲度较大。人的肋骨沟明显，其下缘常常形成片状结构，而动物的肋骨沟各式各样，一般没有片状结构。此外，人的第一肋骨有锁骨下动、静脉沟及斜角肌

结节，第二肋骨有肋粗隆，而动物的则无。

（四）四肢骨的鉴别

一般说，人与动物的四肢骨不会相混淆，但肢端不规则的短骨及掌（跖）、指（趾）骨等，不容易区分。由于人体直立，手的功能特殊发达，所以人的掌指关节为椭圆关节，指关节为滑车关节，而动物一般不具备。遇有短小的，难以鉴别的不规则骨，必要时则需进行组织学或生物学的鉴定。

二、组织学的种属鉴定

如果大体解剖学难以区分是人骨，还是动物骨，则可进一步应用组织学方法加以确认。在光学显微镜下，可见长骨的骨组织，系由环状骨板、骨间板、哈佛氏管、伏克曼氏管及骨小梁等构成（图1—1—4）。但人和动物的骨组织，在结构上的差别是很大的。例如，人的长骨横断而磨片标本，在显微镜下能看到排列规则的骨单位，而动物的则相反。人的哈佛氏管，其形态规则，一般呈圆形，直径较大，数量不多；而动物的则相反，哈佛氏管的形态不规则，直径较小，但数量较多。例如，将人与不同种常见动物的长骨横断而磨片标本，在180倍显微镜下观察所见，其比较如表1—4—1：

表1—4—1

骨	哈佛氏管		同心圆骨板层	骨单位
	形态	管径	排列	界线
人骨	规则	大	整齐	清楚
动物骨	不规则	小	不整齐	不清楚

哈佛氏管的数量（每个视野内）：人骨：7—9个。动物骨：猪15—17个，羊17—19个，牛10—12个，狗14—16个，鸡34—36个，鸭24—27个。

【附一】骨磨片标本的制作

工具：精细锯一把，三角小精锉一把，蒸发皿两只，粗、细磨刀石各一块，显微镜一台。

材料：二甲苯、酸性复红、95%酒精、蒸馏水、载玻片、盖片、树胶、标签、棉花、滤纸等。

1. 第一法

(1) 取长管状骨按横切面分别锯取1.5—2.0mm厚骨片2—3片。

(2) 用三角小精锉锉平骨片。

(3) 用棉花浸水将骨片压在磨刀石上磨薄。注意均匀用力，使骨保持均匀厚薄，随时观察，直至磨成新闻纸样厚薄为止。

(4) 将磨好的骨片，用蒸馏水洗涤。

(5) 放入95%的酒精内脱水5分钟。

(6) 取出后用滤纸吸干，投入二甲苯内透明5分钟。

(7) 取出后放在载玻片上，滴加树胶2—3滴，随后以盖玻片封固。

(8) 贴好标签，注明检材名称、部位及制作日期等，备检。

2. 第二法

(1) 配制2%酸性复红酒精液：将2g酸性复红溶于10ml蒸馏水内，然后加入90ml无水乙醇。

(2) 锯取长管状骨1mm厚薄骨片3—5片。

(3) 用棉花浸水将骨片压在粗、细磨刀石上磨平。

(4) 用蒸馏水洗涤。

(5) 放入95%的酒精内，脱水5分钟。

(6) 取出后用滤纸吸干，投入2%酸性复红酒精液中浸染，并在酒精灯上加热至沸5—10分钟，使浸染液减少到骨磨片的2—4倍止。

(7) 停止加热后，将磨片及所余浸染液一并置于室温下3—5天，使浸染液自然挥发完为止，但不要过干。

(8) 滴加润滑油（二甲苯或汽油也可），在油石上双面研磨，磨去浮色，随时镜检，至镜下所见结构清晰为止。

(9) 选好的磨片放入二甲苯内透明5分钟。

(10) 捞出后，置于载玻片上，滴加树胶2—3滴，随后以盖玻片封固，贴好标签，注明检材名称、部位及制作日期等，备检。

【附二】骨切片标本的制作

骨含钙量较高（骨盐约占骨总重量的60—70%），质坚硬，故一般不能直接切片，必须先将骨中的钙盐脱去，使组织软化，方可进行切片。

1. 硝酸脱钙法

(1) 备用5%硝酸100ml。

(2) 配制酒精福尔马林固定液：95%酒精90ml加入40%福尔马林10ml。

(3) 锯取3—5mm厚薄的骨片。

(4) 放入酒精福尔马林固定液中固定2小时。

(5) 取出用流水冲洗1小时。

(6) 用滤纸吸干，放入100m15%硝酸水溶液中浸泡，每天更换一次，直至软化为止。其软化程度，可用针刺而知。

(7) 取出用流水冲洗24小时。

(8) 脱水、石蜡包埋、切片、染色、封片，备检。

2. 快速硝酸脱钙法

(1) 配制快速硝酸脱钙液：40%福尔马林10ml，加蒸馏水90ml，加浓硝酸20ml。

(2) 锯取3—5mm厚薄的骨片。

(3) 将骨片投入快速硝酸脱钙液中，并在37℃水浴锅中加温2—3小时。

(4) 取出流水冲洗24小时。

(5) 用滤纸吸干，放入80%酒精中脱水。

(6) 石蜡包埋、切片、染色（1%美兰溶液）、封片，备检。

3. 盐酸脱钙（施摩尔 Schmorl）法

（1）配制盐酸脱钙液：100ml 氯化钠饱和水溶液，加入 4%盐酸 100ml。

（2）酸制酒精福尔马林固定液（见前项）。

（3）配制尼可勒氏硫堇碳酸液：取硫堇饱和酒精（50%酒精）2ml，加蒸馏水 10ml，取上述两混合液 10ml，加 1%石炭酸水溶液 100ml。

（4）锯取 3—5mm 厚薄的骨片。

（5）置入酒精福尔马林固定液中固定 2 小时。

（6）取出置入盐酸脱钙液中脱钙，每日加 2ml 盐酸，直至骨片软化为止（牙齿脱钙，需加浓度为 10—20%的盐酸）。

（7）取出流水冲洗 24 小时。

（8）用滤纸吸干，并用 80%酒精脱水。

（9）火棉胶包埋、切片。

（10）用蒸馏水冲洗 10 分钟。

（11）用尼可勒硫堇饱和石炭酸水溶液染色 5—10 分钟。

（12）用蒸馏水冲洗 2 分钟。

（13）浸入苦味酸饱和水溶液 30—60 秒。

（14）流水冲洗。

（15）置入 70%酒精洗 5—10 分钟，至不退色为宜。

（16）用 95%酒精脱水。

（17）用松脂醇透明。

（18）树胶封固，备检。

三、生物学的种属鉴定

新生儿骨骼发育不完全，骨单位界线不清楚，同心环骨板排列不整齐，而猴类骨单位界线清楚，同心环骨板排列比较整齐，所以在这种情况下，单纯用组织学检查法，亦难以区分，故需进一步做生物学检查。

器材：骨锉、试管及架、沉淀管及架、吸管、乳头、玻棒、黑纸板等。

试剂：抗人蛋白沉淀素血清。

步骤：

1. 抗人蛋白沉淀素血清的准备　用吸管吸取效价为一万倍的抗血清，仔细地将吸管插入洁净的沉淀管的底部，缓慢注入 0.1ml。

2. 检材处理　取骨片锉成的粉末 1.0g，放入试管，加生理盐水 1.0ml，在室温下静置一昼夜（或在温箱静置 2 小时），在冰箱内放置一昼夜，离心沉淀后，取上清液 0.9ml。

3. 沉淀反应实施　将 0.9ml 的上清浸出液重积于抗血清上。操作时应仔细耐心，否则重积不好就会失败，将吸有上清浸出液的毛细血管的尖端在距离抗血清上方 0.5—1.0cm 处紧贴在沉淀管的管壁上，上下微微移动，并稍微松开吸管顶端的食指，使浸出液

微量的沿沉淀管壁流下，重积于抗血清上。然后，将重积好的沉淀管放入37℃温箱内。

4. 结果判定　自放入后起，分别在15、30、60分钟各检查一次。为了便于观察，可一手持沉淀管架，另一手遮一黑纸板于试管架之后，使斜射光照在抗原与抗体的接触部。如在接触部出现白环，则为阳性，证明是人骨。否则为阴性，非人骨。

5. 注意　①若骨质含脂肪较多，可先用乙醚、酒精脱脂后，再锉成骨粉。②血清学沉淀反应是基于骨质中含有种属特有的蛋白质成分所决定的。所以，本试验应注意骨粉的份量。骨骼随着存放时间的延长，骨质中含有的蛋白质成分也随之减少，即是说，死亡时间愈长，所需骨粉量愈多。一般死后两年的骨骼，约需骨粉量为5g左右。过于陈旧的骨骼，或火化尸骨，因其可溶性的蛋白质消失，所以此项沉淀反应呈阴性。

（孙尔玉）

第四节　一人骨或多人骨、火烧骨的检查

一、一人骨或多人骨的鉴别

在涉及数人被杀的案件，常须解决被检骨骼是一人骨或多人骨。这一问题一般发生在骨骼的复原过程中，通过仔细检验，也容易得到解决。检验时应注意在排成人形以后，骨的数目是否相符，有无重复骨骼，重复的骨数、侧别，必要时辅以血型检查，即可对一人骨或多人骨作出判断。

杨大富、李道泉（1988）报道一混合多人尸骨残骸碎块检验例可资借鉴。该案是在某菜地中多处挖掘出尸骨残骸碎块，共计492块。经形态学观察和比对，其中属人骨骼为433块。计有：颞骨8块、额骨7块、顶骨和下颌骨各4块、上颌骨5块、枕骨3块、锁骨8块、肩胛骨9块、肱骨6块、尺骨7根、桡骨5根、椎体27个、肋骨50根、骶骨1块、髋骨5块、髂骨3块、坐骨3块、耻骨1块、股骨8根、胫骨6根、腓骨6根，以及人体尸骨碎片256块。由骨的数目即可判断为多人骨。根据右侧颞骨有5块，髋骨两对半，髂骨一对半等确定为5具尸体的混合。而由其中有一对半儿童髂骨，2个混合牙列的下颌骨，判定被害者中有两名儿童。

二、火烧骨的检查

（一）燃烧作用对骨的影响

Richards（1977）就成人尸体在680℃焚尸炉中不同时间发生的变化观察结果如下：

10min后	上肢重度炭化
14min后	下肢重度炭化

15min 后	面颅骨与上肢骨露出
20min 后	肋骨与颅骨露出
25min 后	下肢骨露出
35min 后	下肢骨完全烧毁

焚毁四肢后剩余的躯干称为 brandtorso（焚余躯干）。

对于骨骼受燃烧作用后所发生的变化，Heglar（1984）作了较为细致的描述。骨受燃烧作用后的主要变化之一是颜色的改变，由淡黄色，黑蓝灰色至白色。颜色变化的程度与受热作用的时间以及该部受直接热作用或间接热作用有关。

如果骨骼仅受热作用，可能只见到烟熏的条痕，骨的黄色至褐色可能与附着的脂肪有关。这种含油脂的骨或其残段，因为脱水不明显，其感观与重量可与新鲜骨无异。炭化变黑的骨也可含有油脂，但由于脱水其重量常明显变轻。骨骼长时间受热作用或火焰直接作用，均可使其最终变为白色，成为很轻的管碎片乃至灰烬。

经过长时间高热作用并脱水的骨残段可呈被煅烧的陶器样外观（fired-pottery appearance），不论在感观或重量上都如同未上釉的陶器。

在不同程度的热作用下，长骨与扁骨的外形变化不完全一致。长骨的关节面常呈网状裂隙，骨干部可见线状排列的横形或环形骨折（Ubelaker，1978）。骨残段变弯曲也不少见。

扁骨中最先受热作用影响的是颅盖骨。由于直接燃烧和脱水，可呈烧裂样外观（fire cracking of surface pattern）伴有孤立的外板大片剥离。常见颅骨板障松骨质呈炭化状。在高度炭化的尸块，其髂骨翼的表面也可呈类似的改变。

（二）骨的缩短与变形

Doklάdal（1971）用 5 具未解剖的尸体（56—68 岁），沿中线分为左右两半，一半放入瓦斯焚尸炉（600—1000℃）焚烧，另一半使处于浸软状态作为对照。测量煅烧骨（calcinated bone）并与对照骨对比。由于每具尸体的燃烧速度不同，其结果取 5 具尸骨一并进行分析，已烧毁的手足骨、胸廓骨不列在内。其结果如表 1—4—2。

结果表明骨被焚烧后显著缩短，其缩短率约为 5—10%。Doklάdal 还指出温度由 600℃上升到 1000℃，热效应的增加很少。这一点在 Angel（1982）的文献综述中得到证实。Angel 认为对火烧骨残段进行评价时有两个问题值得注意。其一是骨的短缩（Shrinkage）及沿胶原纤维走行方向的分裂平面（Benninghoff 线）所发生的破裂，这是由于胶原皱缩与蒸发，矿质结晶最终融合所致。其二是骨的变形（distortion），这是由于骨的收缩速率不同，血液（板障中或其他骨髓腔中）和/或气体（乳突中、鼻副窦中）爆发所致扩张的结果。

由于骨的短缩和变细，按照通常标准规定骨的性别，极易误判为女性骨，这是就焚

表 1—4—2 煅烧骨的缩短度 (mm)

骨的测量指标	对照骨	煅烧骨	缩短度
额骨厚度	6—8	5—7	1
顶骨厚度			1
乳突宽			3
乳突高			2
下颌支宽			4
下颌支高			4
下颌支厚			2
下颌联合高			2
肱骨头矢径	46	42	4
肱骨头周径	147	139	8
滑车宽	22	19	3
桡骨头横径	24	22	2
尺骨近端直径			2—3
股骨头垂直径	49	42	7
股骨头矢径	49	42	7
股骨头周径	154	134	20
股骨颈垂直径	32	27	5
股骨颈矢径	27	24	3
股骨颈周径	104	87	17
股骨干矢径	32	27	5
股骨干横径	30	27	3
股骨干周径	99	84	15
股骨两髁宽	75	66	9
全髌高	39	35	4
全髌宽	43	39	4
全髌厚	19	17	2
距骨全长	50	47	3
距骨全宽	40	35	5
跟骨全长	36	31	5
第一跖骨全长	56	52	4

(转引自 Krogman 1986)

烧骨进行检查时应当予以注意的。除性别判定外，对推定年龄及其他生物学特征也不无

影响。

（三）牙受热后的变化

牙是人体中最耐热的组织，在火焚尸体的人类学检查中有重大的意义，但这并不是说牙受热后全无变化。了解牙在不同温度下所发生的变化对火焚尸体的法医人类学检验是很重要的。

Komor（1960）曾细致地研究了正常人牙（经10%福尔马林固定后）在100—500℃电炉中受热30分钟所发生的变化：

100℃　牙比受热前更白，但透明度减低，变白处呈斑点状。牙根变淡黄色仍保有其透明度。釉柱的排列变得不规则，继发牙本质的颗粒结构变得粗糙。

200℃　牙冠与牙根呈橙黄色，仍保持其原来外形。牙根的透明度增加。釉柱的排列不整，显示破裂前期的改变。牙本质周边的牙本质纤维，沿釉牙本质界变得显著变曲。

300℃　牙冠呈黄褐色并有细小的裂隙，牙根呈暗褐色，裂隙较少。釉柱的排列全然不整并分裂。牙本质的组织结构不规则，在釉牙本质界已发生破裂。

400℃　牙冠呈淡黑褐色，显示方向不一的裂隙。牙根呈暗黑褐色，沿牙的长轴发生裂隙。釉质的组织结构仍然保存，但牙本质的裂隙沿釉牙本质界已达髓腔。

500℃　牙冠显示灰褐色的水平线，伴有方向不一的较大裂隙。牙根的颜色与牙冠相似，破裂主要发生在牙根的中部，少见于根尖部。釉质的结构几近破坏，全面出现裂隙。牙本质的基质完全剥离，牙本质小管破坏，结构变得模糊。

Hirano（1935）曾研究了牙在大约300—1000℃电炉中受热所发生的变化，惜未指出受热时间，其主要变化如下：

牙本质：300—400℃变深黑色，600℃变淡蓝色，900℃灰色。幼稚牙本质以及牙釉质牙本质界的釉丛在800—1000℃灰化。

牙釉质：300—400℃，在与牙骨质交界处沿牙颈部出现裂隙；在400—500℃之间必然崩解。700℃呈灰白色。

牙骨质：300℃出现鳞样骨裂，800—900℃呈淡红色。

牙重量：由燃烧开始至灰化止，其重量减少约20.9%，据认为这相当于牙中有机质的含量。

牙硬度：300—400℃呈炭化状态时最为脆弱，随着颜色变白，硬度也有所增加。

城谷自100℃至900℃每隔100℃观察加热不同时间（10秒至120分共分11个水准）牙齿的变化，得到以下各项结论：

1. 牙受热后，牙冠最易发生破裂，牙根即使在高温下仍可保持其外形。

2. 牙冠部的破裂最易发生于牙全部变黑以后。

3. 牙根部的颜色变化，随温度的逐渐升高，按以下顺序发生变化：褐色、黑色、灰褐色、灰白色至白色。

4. 随着温度的升高，釉质的结构发生变化，达至灰化状态时，可能由于结晶融合而形成小块状。

5. 受过热作用的牙，在X线下仍可观察其构造。

6. 受过热作用的牙，如热作用超过50℃，30分钟，由其牙髓中难以检出F-小体。

7. 在牙根未变黑的情况下，用牙检查其ABO血型仍是可能的。

（贾静涛）

参考文献

1. 于频、刘正津等。解剖学技术。人民卫生出版社，1985：28—36。
2. 费希尔等。犯罪现场勘查技术。群众出版社，1988：7—132。
3. Donald J. Michael Charney. Individual identification and the law enforcement officer. Charles Thomas, 1978：67—91。
4. Bradbury SA, et al. An improved embalming procedure for long-lasting preservation of the cadaver for anatomical study. Acta Anat. 1978; 101：97。
5. Eberhardt K Sauerland. Grant's Dissector. 8th ed., 1978。
6. El-Najjar MY, McWilliams KR. Forensic anthropology. Springfield：Thomas. 1978。
7. Svensson A, et al. Techniques of crime scene investigation, New York: Elsevier. 1978。
8. 何泽涌。组织学与胚胎学。人民卫生出版社，1978。
9. 河北医学院。人体解剖学。人民卫生出版社，1980。
10. 陈世贤。法医骨学。群众出版社，1980。
11. 吴汝康。古人类学。文物出版社，1980。
12. Stanley M. Human Races. Charles C Thomas. Publisher, 1961.
13. 杨大富，李道泉。混合多人尸骨残骸碎块的检验。刑事技术。1988；3：17—21。
14. Krogman WM, Iscan MY. The human skeleton in forensic medicfne. Springfield：C.C. Thomas. 1986。
15. Richards NF. Fire investigation—destruction of corpses. Med Sci Law 1977; 17：79—82.
16. Nagano T. Burned bodies, from the aspect of medico-legal investigation. Kanazawa：Kokkoku shimbun 1991.

第五章　根据骨骼判定性别

第一节　概　　述

在法医实践中，常常需要根据骨骼判定死者的性别。不仅是白骨化的尸体，还包括因高度腐败而无法根据性征判定性别的尸体，在火灾或空难事故中因严重烧伤而无法判定性别的尸体或在碎尸案中发现的残肢、断臂等。所以，根据骨骼判定死者的性别是法医学、人类学和考古学实践中一个极其重要的内容。

对于死亡时间较短，骨髓组织尚未腐败变质的尸体，可以采取骨髓组织，做骨髓细胞涂片检查性染色质；或提取其 DNA，判定死者性别。

对于死亡时间较长，骨髓组织已腐败变成黑色，不能根据以上两种方法判定性别时，只能根据遗留的骨骼判定性别。如现场遗留有某些人体装饰品，往往能为判定死者性别提供重要线索。如有小巧的戒指、耳环，常常提示死者是女性。纽扣的特点也常能提示死者的性别。我国妇女过去有裹足风俗，使足部骨骼变形甚至骨折，这是女性特有的现象。

在青春期以前（男 10 岁左右，女 8 岁左右），男女两性骨骼的性别差异并不明显。进入青春期以后，骨骼的两性差异才日益明显起来。这主要是由于性激素的作用。雄性激素（主要是睾酮）能促进肌肉和骨组织中的蛋白质合成，促进骨组织中的钙磷沉积，所以，男性骨骼都比较长大、粗壮，骨密质比较厚，骨质较重；由于男性肌肉发达，所以肌肉在骨表面的附着处有明显的突起，肌压迹也较明显，使得骨表面较粗糙。而雌性激素（主要是雌二醇和孕酮）有促进骨骺闭合的作用，使女性骨骼较男性骨骼短小，纤细，骨皮质较薄，骨质较轻，骨表面比较光滑。另外，体力劳动对骨骼性别差异也有较大的影响，如长期从事体力劳动的女性或女运动员，其骨骼粗壮程度接近于男性骨骼；而长期瘫痪或很少运动的男性的骨骼，其形态特征近似女性。此外，骨骼的性差还受到遗传、种族、营养状况等因素的影响。所以，有少数骨骼形态居于男女两性之间，不易判定其性别。

就目前的研究结果，根据骨骼判定性别，由于经验不同、方法不同、材料来源不同等原因，准确率也不尽相同。

Stewart 认为，根据成人全骨或成人骨盆，或一块成人髋骨确定性别的准确率均为 90—95%；根据成人颅骨（不含下颌骨）判定性别的准确率约为 80%；根据成人颅骨和下颌骨判定性别的准确率为 90%。Krogman 认为，根据成人全骨判定性别的准确率为 100%；骨盆为 95%；颅骨为 92%；骨盆加颅骨为 98%；长骨为 80%；单块长骨加骨盆为 98%。Iordanidis 认为，根据颅骨和一根股骨判定性别的准确率约为 97.75%；只根据骨盆可达 97.18%。

如上所述，尽管准确率各有差异，但大同小异，都认为：进入青春期以后，骨盆的性别差异最明显，其次是颅骨（带下颌骨），再次是其它骨。残存的骨骼越多，越能做出正确的性别判定，结果也越可靠。

根据骨骼判定性别的方法很多，总的来说可分为两类，即肉眼观察法和仪器测量法。

1. 肉眼观察法　即通过肉眼观察骨骼各部位的性状，如大小、角度、形状、厚薄及宽窄等差异来判定性别。这种方法简便、迅速，特别适合于野外工作中的初步认定及大批检材的鉴定。其不足之处是对鉴定人要求较高，一般需要经验丰富的专家来进行，主观性较大。即使鉴定人经验丰富，其正确率也难以达到实际需要的要求，常有误判。Stewart 认为根据肉眼观察，只有 77%的颅骨能正确判定性别。

2. 仪器测量法　即利用精密仪器（如骨骼测量仪）测量骨骼的长、宽、高、角度、弧度、弦长、弧长及厚度等，根据所测得的数据判定骨骼的性别。测量法比较简单，不需要丰富的实践经验和较多的专门知识，稍受训练的工作人员即可胜任这项工作，具有易行性、客观性和精确性。

随着统计学、计算机科学和数量化理论的发展和应用，根据所测得的数据判定骨骼性别的方法也在不断地改进、发展和完善。目前，其具体方法可分以下三类：

（1）均值法：即将所测得的数值与男、女总体的均值相比较，如其落在男性总体均值内，则认为该骨骼为男性；如其落在女性总体均值内，则认为该骨骼为女性。这种方法测量简单，不需要复杂计算。但由于人类个体差异较大，致使几乎全部男女测量项目的平均值都有较大的重叠部分，如所得测量值恰好落在重叠部分上，则既不能认为是男性，也不能认为是女性，无法判定骨骼的性别。

（2）判别函数法：Fisher 判别函数法自 1936 年发表以来已广为人类学、法医学和考古学工作者所应用。这种方法是根据某一对象的各种指标的测量结果，经过综合分析后而能将该对象归入到某一类别中去。埴原和朗曾指出："判别分析作为一种性别鉴定的方法，由于其客观性、易行性和准确性，致今仍是一种最有用的方法。这种方法既能解决如何避免或减少男女平均值的重叠部分太大的问题，又能解决如何将各测量值的判定效果综合在一起的问题。Pens 最先将此方法应用于体质人类学研究。他根据股骨和胸骨的测量值进行性别判别，得到了很好的结果，其判别率分别达到 95%和 89%。

（3）数学变换法：即应用某些数学变换方法将一些骨骼的非测量性状（nonmetrical characters）变换成可测量指标的一些方法。众所周知，眉间部、眉弓和额侧面角（m-g-FH）是颅骨性别差异非常明显的部位。但以往只是根据观察法判定性别，主观性很大，且性差不明显者不易做出正确判定。1985 年，Funayama 等在成人头部 X 光侧位片上，将眉间部隆起和鼻根部凹陷的形态描下来，应用最小二乘法使性别特征部位的曲线近似两个圆形，以各圆的半径为指标进行判别分析，效果很好，为非测量性状的数量化开辟了先例。1987 年，Okada 等第一次将物理学常用的 Fourier 变换这种数学方法引入法医人类

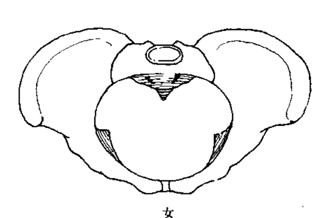
学研究，将额骨正中矢状面上的弧形曲线（n-b）进行Fourier变换，判别分析，判别率分别达到86%（男）和91%（女）。这种方法的引用为非测量性状的研究提供了一种强有力的武器。

另外，其他新兴科学技术的不断发展和应用，将会为骨骼的研究提供有力的工具。如云纹摄影技术的兴起，会在某些方面的研究（如牙齿、乳突、额结节等）中发挥巨大的作用。

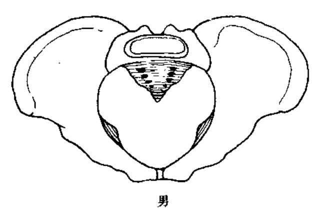
（李春彪）

第二节　根据骨盆判定性别

在骨骼中，骨盆的性别差异最明显，这是由于男女生理特点的不同所决定的。在青春期以前（10岁左右），骨盆的性别差异并不明显，只是在骨骼尺寸的大小上稍有差异，但并不能依此判定性别。进入青春期以后，由于性激素的作用，女性骨盆开始向适应生理需要的方向发展，而男性骨盆并不发生形态上的变化，故而男女骨盆开始出现差异，且这种差异日益明显，直至性成熟期。



女



男

图1—5—1　骨盆上口的性别差异

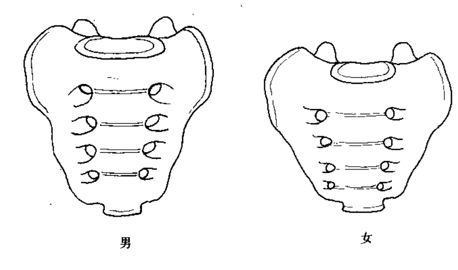
一、整体形态上的性别差异

除了连接下肢这点相同外，男性骨盆主要是起为盆腹腔封底和容纳盆腔脏器的作用，所以男性骨盆高而窄，上大下小呈漏斗形；骨盆上口纵径大于横径，呈心形；骨盆下口狭小；盆腔骨面粗糙、倾斜。骶骨、尾骨向前方突出，左右坐骨结节距离近。女性骨盆不仅起到为盆腹腔封底和容纳盆腔脏器的作用，而且还要兼有怀孕后托容胎儿以及分娩时娩婴产道的作用。所以女性骨盆低而宽阔，呈圆桶形；骨盆上口横径大于纵径，呈横椭圆形（图1—5—1）；骨盆下口宽阔；盆腔骨面细致光滑、陡直。骶骨与尾骨倾向后方，两侧坐骨结节距离远。除此整体形态差异以外，组成骨盆的各

块骨骼(骶骨和尾骨、髂骨、坐骨及耻骨)也存在明显的性别差异。

二、骶骨的性别差异

前后观,可见男性骶骨呈狭而长的等腰三角形;而女性骶骨呈等边三角形(图1—5—2)。侧面观,男性骶骨弯曲度很大,骶骨岬明显突出;而女性骶骨弯曲度较小,骶骨岬突出不明显(图1—5—3)。骶骨底部,男性第一骶椎上关节而大,约占底部2/5;女性关节面小,约占底部的1/3。



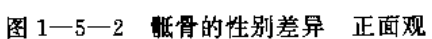


图1—5—2　骶骨的性别差异　正面观

男　女

图1—5—3　骶骨的性别差异　侧面观

三、髋骨的性别差异

髋骨由髂骨、坐骨和耻骨三块骨组成,每块骨都或多或少地反映了骨盆的性别差异。其中以耻骨的性差最显著。

(一)耻骨角

这是极其重要的性别差异。一般男性耻骨角呈"V"形,约70°—75°,近似于将手掌贴于耻骨联合部,分开中指与食指所形成的角。此角在女性呈"U"形,约90°—110°(图1—2—14),近似于将手掌贴于耻骨联合部,分开食指与拇指所形成的角。

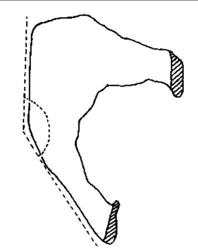


图 1—5—4　缘支角角度的测量方法
（王德明，1987）

王德明等（1987）根据对 100 例（男性 50 例，年龄范围为 18—83 岁；女性 50 例，年龄范围在 18--92 岁）黄种人成人耻骨的测量统计，求出了根据耻骨缘支角判定性别的界限值。

缘支角，是指由耻骨合面背侧缘和耻骨下支内缘所构成的角（图 1—5—4）。测量时将耻骨腹侧面朝下置于测骨盘上，沿耻骨联合面背侧缘的切线（平行于正中矢状线）和耻骨下支内缘各拉一条直线，用量角器量取这两条直线的夹角。统计结果见表 1—5—1。

耻骨缘支角角度，男性大于女性，在±2S. D. 时，正确率可达 97. 70%。

表 1—5—1　　耻骨缘支角的性差比较与界限值

性别	全距	$\bar{X}$ 均值	S. D.	t 值	界限值
男	138. 5°—156. 5°	144. 6°	3. 67°	20. 4269	137. 0°
女	120. 0°—136. 5°	129. 7°	3. 55°		

（王德明，1987）

（二）耻骨联合部

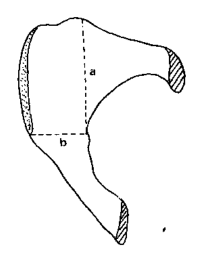


图 1—5—5　示耻骨联合部宽高测量方法
（王德明，1987）

耻骨联合部，即耻骨上下支在近中线处之结合部分。该部形态，一般男性较窄、较高，呈三角形；而女性较窄、较矮，呈类方形（见图 1—5—9）。

除耻骨缘支角外，王德明等还根据上述材料，求出了根据耻骨联合部宽高指数判定性别的界限值。

耻骨联合部宽高指数，即在耻骨联合的背侧面，在耻骨结节最外侧点作一条与耻骨联合面背侧缘相平行的直线（a），在耻骨联合面下端，作一条与上述直线垂直的直线（b）；以耻骨结节最外侧点到两条直线交点的距离为联合部高，耻骨联合面最下端到两条直线交点的距离为联合部宽（图 1—5—5）。高和宽均用直脚规测量。再根据下式求宽高指数：

$$宽高指数=\frac{宽度}{高度}\times 100$$

统计结果见表1—5—2。

表1—5—2 耻骨联合部宽高指数的性差比较与界限值

性别	全距	X均值	S.D.	t值	界限值
男	38.1—73.1	54.6	8.28		
				9.0745	62.2
女	50.3—88.1	69.4	7.86		

(王德明,1987)

图1—5—6 坐骨大切迹的性别差异
(左侧女性，右侧男性)

可见，男性宽高指数小于女性。在±0.9S.D.时，正确率可达81.6%。虽然此方法较耻骨缘支角法准确性低，但在耻骨下支缺损时，本方法仍能应用。另外，耻骨缘支角角度与耻骨联合部宽高指数之间无显著相关性。因此，当用两个界限值同时判别某一未知耻骨检材的性别时，如果判定结果一致，则正确率可达99.6%。

例：某例耻骨联合部宽为26.25mm，高为40.0mm，则宽高指数为$\frac{26.25}{40.0}\times100=66.25$。因66.25>62.2，故该耻骨为女性的。

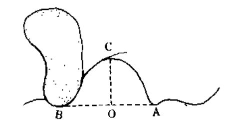


图1—5—7 示坐骨大切迹测量方法
(吴新智，1982)

(三) 坐骨大切迹

坐骨大切迹形态的性别差异比较明显。男性坐骨大切迹开口较窄，而切迹较深；女性的开口较宽，而切迹较浅（图1—5—6）。

吴新志等（1982）报告一种坐骨大切迹测量法。如图1—5—7所示，设AB为坐骨大切迹宽（髋后下棘B到坐骨棘A的距离），OC为坐骨大切迹深（坐骨大切迹最深点C到坐骨大切迹宽AB的垂距），用三脚平行规直接测量OC、OB及AB，然后求：

$$Y=\frac{OB}{AB}\times100$$

结果见表1—5—3。

表 1—5—3　　$\frac{OB}{AB}\times 100$ 的性差比较与界限值

性　别	Y 值范围	均　值	S.D.	界限值
男	13.2—51.0	32.7	8.21	42
女	39.6—66.7	50.6	5.63	

（吴新智，1982）

如 Y 值小于 42，则判定为男性；反之判为女性。

例：某例髋骨 OB 长为 33.0mm，AB 长为 63.0mm，则 $Y=\frac{33.0}{63.0}\times 100=52.38$。因 52.38 大于 42，故该髋骨为女性的。

（四）Phenice 三标志

Phenice（1969）提出，耻骨具有三个骨性标志，可作为性别鉴定的依据。这三个骨性标志是：

1. 斜面侧缘　在耻骨联合部腹侧面的下内角处，到一定年龄（男性在 23 岁左右，女性在 17 岁左右）后，会形成一个三角形斜面，称为腹侧斜面，其外侧由一条隆起的骨脊形成边缘，此即斜面侧缘（又称腹侧弧 ventral arc）。在女性耻骨上，斜面侧缘稳定地出现，且很明显；而在男性耻骨上，此斜面侧缘的出现很不稳定，形态一般不完整、不明显或仅有一两处骨凸起。故一般认为斜面侧缘是女性所特有的，Kerley（1977）认为这是女性的一种第二性征（图 1—5—8）。

图 1—5—8　示斜面侧缘
（左侧男性，右侧女性）

2. 耻骨下支内缘　在男性耻骨上，耻骨下支内缘向内凸出或较平；在女性耻骨上，该内缘向外凹入（图 1—5—9），故称为耻骨下凹（subpubic concavity）。在背侧观察，此种

差异更为明显。

图1—5—9　示耻骨下支内缘

（左侧男性，右侧女性）

3. 耻骨下支脊　即从耻骨联合面的下端延长到下支的骨脊。此骨脊在男性耻骨下支上表现较宽阔，稍向腹侧面翻卷；而在女性耻骨下支上则较锐薄，向腹侧面翻卷很明显（图1—5—10）。

图1—5—10　示耻骨下支脊

（左侧男性，右侧女性）

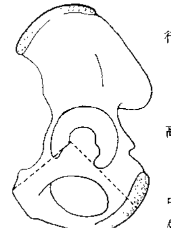


图 1—5—11　示髋臼中点及测量方法
（吴新智，1982）

Phenice 仅根据此三个标志，对 275 例白人和黑人骨骼进行性别鉴别，准确率达 96%。

（五）坐耻指数

坐耻指数即耻骨长/坐骨长×100。这是一个判别率比较高的指数。

关于耻骨长和坐骨长的测量，有两种不同的方法。

耻骨长Ⅰ：即髋臼中点到耻骨联合面上缘的距离。髋臼中点在髋臼内，但并非髋臼的形态中点，而是在较接近前缘处。确定的方法是，髋臼关节面内缘的上段和前段分别为两条弧形线，此两条线相交之点即为髋臼中点，也就是髂骨、耻骨和坐骨的联合点（图 1—5—13）。

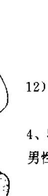


图 1—5—12　示耻骨长Ⅱ和坐骨长Ⅱ的测量方法

坐骨长Ⅰ：即髋臼中点到坐骨结节的最大距离。

耻骨长Ⅱ：髋臼缘到耻骨联合面上缘的最短距离。

坐骨长Ⅱ：髋臼上缘到坐骨结节的最大距离（图 1—5—12）。

中国人男女坐耻指数及其性别误判率分别见表 1—5—4、5)。如坐耻指数大于界限值，则判定为女性；反之判定为男性。

例：某例髋骨的耻骨长Ⅰ为 73.2mm，坐骨长Ⅰ为 87.14mm，则坐耻指数Ⅰ$=\frac{73.2}{84.0}\times100=87.14$。因 87.14<92，故判定该髋骨为男性的。

（六）其它

男女骨盆形态上的其它差异点可见表 1—5—6。

表 1—5—4　坐耻指数统计结果

性　别	坐耻指数	例数	均值 X	范　围	标准差 S
男	Ⅰ	115	85.8	76.2—97.4	4.08
	Ⅱ	115	62.9	55.8—72.3	3.35
女	Ⅰ	54	98.2	92.1—105.2	4.25
	Ⅱ	54	72.7	67.0—81.1	3.40

（吴新智，1982）

表 1—5—5　　坐耻指数界限值和误判率

坐耻指数	界限值	误判率（%）		
		男	女	平均值
I	92	5.2	1.9	3.6
Ⅱ	68	5.2	11.1	8.2

（吴新智，1982）

表 1—5—6　　男女骨盆形态上的其他区别

部位	男	女
耳状面	较大且直，涉及三个骶椎	小而倾斜，通常有两个或两个半骶椎参与
耳前沟	很少见	生育过的女性骨盆常见而且明显
髂翼	较直而且高，较厚	较低而且薄近透光，向外张开
髋臼	较大，向外侧	较小，向前外侧
闭孔	较大，呈卵圆形，内角钝，约 100—110°	较小，呈三角形，内角锐，约 70°
坐骨结节	不外翻	外翻

图 1—5—13　耳前沟

所谓"耳前沟"，即出现在髂骨耳状面前方的分娩伤痕，亦称分娩沟（图 1—5—13），一般认为是孕妇在分娩过程中留下的创伤，是女性骨盆的标志。值得注意的是，分娩沟要和"韧带沟"加以区别。韧带沟也出现在耳状面前方，是强力的韧带牵拉的印记，两性都可见到。这种沟窄而短，缘直、沟浅且底部较平；而分娩沟深且宽，边缘不规则，底部凹凸明显，如同一些小凹的连续愈合，是妊娠末期骨质吸收所形成。分娩沟的频率在女性约为71%，男性则尚无报告。

图 1—5—14　背部凹痕

除耳前沟外，在女性耻骨联合背侧近联合缘处，有时出现黄豆粒大小的骨质凹陷，称为"分娩伤疤"或"背部凹陷"（图 1—5—14）。Angel（1969）和 Stewart（1957）曾认为，胎儿在发育和最后出生时，孕妇的耻骨间韧带可能被拉伤出血和痂入，以至在耻骨的背面留下永久性的凹痕或沟。故背部凹陷一般被认为是生育过的女性骨盆的标志。但张忠尧（1985）根据对 130 例女性耻骨的研究认为，背部凹痕在未生育过的女性耻骨上也可出现，占未生育过的女性耻骨的 7.6%；而有许多生育过的女性骨盆却没有出现背部凹痕，占生育过的女性耻骨的

65%。一些学者认为,凹痕出现率随年龄的增大而增加。另外,Suchey 等(1979)在 781 例男性耻骨中发现有 4 例有背部凹痕。但在国内,还未见有男性耻骨背部凹痕的报导。由此可见,背部凹痕与年龄的关系要比与生育的关系密切;背部凹痕可以作为女性耻骨的标志。

(李春彪)

第三节　根据颅骨判定性别

在法医人类学的个人识别中，颅骨是最重要的。根据颅骨可以判定性别、估计年龄、推断身高，还可以进行面貌复原、颅像重合以及种族、民族的鉴别等，因此，颅骨在个人识别中具有重要的意义。

人的颜面个人特征和性别特征是十分明显的，而这些特征主要是由颅骨的特征决定的。因此，在碎尸、无名尸、白骨化的案件中，根据颅骨判定性别具有特殊的价值。在性成熟期前，颅骨的性别差异较小，到了青春期，性别差异开始出现，成年后，性别差异已很明显。

一、颅骨性别差异的形态特征

颅骨形态的性别差异除与骨骼性别差异的一般特征相同以外，还具有颅骨本身的特征。颅骨的具体性别特征如表 1—5—7、8 及图 1—5—15 所示。

表 1—5—7　　颅骨的性别差异

项　目	性别标志	
	男　性	女　性
1. 颅骨整体	较大，较重	较小，较轻
2. 颅骨骨壁	较厚	较薄
3. 颅腔	较大，约 1450 毫升	较小，约 1300 毫升
4. 肌线和肌嵴（肌肉附着的痕迹）	较显著	较弱
5. 整个颅顶	膨隆不明显	膨隆较明显
6. 额骨	较向后倾斜	额鳞下部较陡直,额鳞上部向后上弯曲
7. 额结节和顶结节	不显著	较显著
8. 面骨	较大	较小
9. 整个面部	较狭长	较宽短
10. 眉间突度	显著，突出于鼻根上方	不显，较平直
11. 眉弓	自中等至极显	自微显至中等
12. 鼻根点凹陷	深	无或浅
13. 眼眶	较低，呈方形	较高，较圆

续表

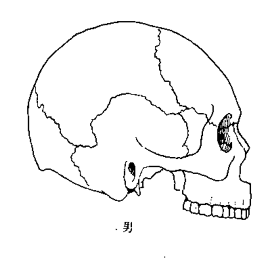
14. 眶上缘	钝厚	锐薄
15. 梨状孔	较高而窄	较低而宽
16. 上牙槽突	较高	较低
17. 牙弓	宽阔而圆	较狭小，呈尖圆形
18. 牙	较大	较小
19. 颧骨	较高，较粗壮	较低，较纤弱
20. 颧弓	较粗而外突	较细而平直
21. 颞骨鼓部	较大	较小
22. 乳突上嵴	显著	不显
23. 乳突	自中等至特大	自特小至中等
24. 茎突	较粗壮	纤弱
25. 下颌窝	深而宽	浅而小
26. 蝶骨棘	较粗壮	纤弱
27. 翼突	粗壮	纤弱
28. 枕骨髁	粗壮	纤弱
29. 枕外隆凸	粗大	不发达
30. 枕外嵴	发达	缺乏或微显
31. 上项线	粗大	不明显
32. 枕骨大孔	较大	较小

(引自《人体测量手册》)

表1—5—8　　下颌骨的性别差异

项　　目	性别标志	
	男　性	女　性
1. 下颌骨整体	较大，较厚，较重	较小，较薄，较轻
2. 下颌体与下颌联合	较高	较低
3. 下颌支	较宽	较窄
4. 下颌角区	较粗糙，往往外翻	较细致而光滑，不外翻
5. 下颌角	较小，小于120°	较大，大于125°
6. 颏部	较方而粗糙	较圆而尖
7. 髁突	较大而粗壮	较小而纤弱
8. 两髁突间距	较大	较小
9. 下颌角间距	较大	较小
10. 下颌牙	大	小

(引自《人体测量手册》)



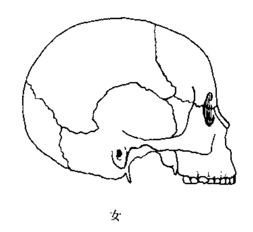


图 1—5—15　颅骨（侧面观）的性别差异

颅骨的性别差异主要表现在以下 4 个部位：

1. 额骨的性差

（1）额鳞：在额鳞部男性通常有两个额结节，不明显；在女性于中线处有一个明显的额结节。此特征有中等度的可信性。

（2）额鳞下缘：有 3 个性差表现明显的标志：眉间部、眉弓部及眶上三角区（额骨颧突增厚处）。在男性，这三个部位明显向前突起，眉弓相当显露；在女性则不明显。此特征经常可信。

（3）眶缘的锐利度：男性触之钝圆，女性则呈明显的锐缘。检查时可用手指沿眶开口处内侧缘触之。此特征经常可信。

（4）侧面观：男性由于额结节发育不佳，眉弓、眉间隆起显著，侧面观额骨的轮廓显示向后倾斜且较长；在女性由于额结节发达，眉弓及眉间隆起不明显，侧面观额骨的轮廓陡直。此特征经常可信。

（5）额骨厚度：在眉间处男性骨片明显厚于女性。男性平均 13mm，女性 8mm。

2. 颞骨的性差

（1）乳突：男性乳突粗大，如拇指头粗，与男性胸锁乳突肌发达有关；女性纤细，如小指头粗。男性乳突由颅底明显向下方突出，女性则不明显。将颅骨放在平台上，乳突尖可构成一个支点，女性则否。此特征有中度的可信性。越是粗壮的人群，乳突的两性差异越显著。

（2）颧突：外耳道上缘的颧突根部在男性很发达，女性不明显，检查时用手指触之，可以感到其间的差别。男性颧突上下方向较厚，女性较薄。

3. 枕骨的性差

（1）枕外隆凸：男性显著隆起，女性仅微隆起，或不隆起。

（2）枕外嵴与上下项线：男性发达，致枕骨的项平面凹凸显著；女性则发育不佳，项平面较为平坦。

（3）枕骨髁：男性较女性的为大。

4. 下颌骨的性差

(1) 下颌体联合处高：眼观牙槽突上缘至下颌骨下缘，男性明显高于女性。

(2) 牙槽突高度：女性占下颌体高的 1/2，男性仅占 1/3 左右。此特征有良好的可信性。

(3) 下颌体前下缘（颏区）：男性有 2 处突出，故前下缘的轮廓线呈直线状；下颌体的角度呈钝角；女性仅有 1 处突出，故其轮廓线呈曲线形，下颌体的角度呈锐角。此特征经常可信。

(4) 下颌角外侧部：男性突起明显，女性平坦。

(5) 下颌支角：男性近似直角，女性则呈钝角。此特征可随年龄变化，不适用于幼少年及老年人。

吴汝康在其著书中强调指出，所有已经提出的性别差异几乎都是相对的。实际的工作经验对鉴定的准确性关系甚大。而且颅骨上各个性状的发展是不平衡的，所以在进行鉴别时不可过分着重少数几个性状，而要从总的情况来着眼作出判断。

二、颅骨性别差异的观测指标

宋宏伟等（1991）对东北成人颅骨 60 具（男女各 30 具），观测了 41 项指标（表 1—5—9），研究了各项指标的性差，发现有 22 项指标的性差非常明显（P<0.01），占全部指标的 53.7%；2 项性差明显（P<0.05），占 4.9%；17 项性差不明显（P>0.05），占 41.4%。

表 1—5—9 颅骨性差的观测指标

观测项目 x	名　称	均值±标准差		P
		男	女	
1	颅长	17.10±0.69	16.57±0.63	<0.01
2	颅底长	9.69±0.49	9.50±0.31	>0.05
3	颅宽	14.34±0.81	13.62±0.40	<0.01
4	额最小宽	9.06±0.46	8.90±0.46	>0.05
5	额最大宽	11.83±0.69	11.12±0.42	<0.01
6	耳点间宽	12.47±0.49	11.61±0.54	<0.01
7	星点间宽	10.67±0.52	10.39±0.49	<0.05
8	枕骨大孔长	3.41±0.26	3.21±0.21	<0.01
9	枕骨大孔宽	2.75±0.24	2.58±0.18	<0.01
10	颅高	13.72±0.80	13.15±0.44	<0.01
11	耳上颅高	11.67±0.44	11.28±0.33	<0.01
12	额骨矢状弦	11.38±0.49	10.77±0.45	<0.01
13	顶骨矢状弦	10.89±0.82	10.63±0.69	>0.05

续表

观测项目 x	名　　称	均值±标准差		P
		男	女	
14	枕骨矢状弦	9.66±0.65	9.93±0.60	>0.05
15	额骨矢状弧	13.01±0.73	12.25±0.65	<0.01
16	顶骨矢状弧	12.44±0.98	11.76±0.85	<0.01
17	枕骨矢状弧	11.43±0.86	11.77±0.90	>0.05
18	颅骨横弧	32.20±1.48	31.12±0.95	<0.01
19	颅周长	50.91±2.15	49.88±2.26	>0.05
20	上面高	7.53±0.36	7.06±0.82	<0.01
21	颧宽（面宽）	13.50±0.47	12.42±0.57	<0.01
22	鼻高	5.54±0.26	5.12±0.29	<0.01
23	鼻宽	2.35±0.43	2.26±0.26	>0.05
24	上牙槽弓长	5.06±0.39	4.90±0.37	>0.05
25	上牙槽弓宽	6.55±0.34	6.09±0.42	<0.01
26	腭长	4.32±0.33	4.23±0.46	>0.05
27	腭宽	3.62±0.31	3.54±0.38	>0.05
28	腭深	1.32±0.37	1.07±0.39	<0.05
29	眶间宽	2.07±0.34	1.92±0.31	>0.05
30	鼻梁至眶间宽的矢高	0.94±0.20	0.69±0.15	<0.01
31	鼻骨最小高	0.71±0.15	0.70±0.16	>0.05
32	鼻骨最小宽	0.27±0.10	0.23±0.30	>0.05
33	上部面宽	10.26±0.34	9.91±0.63	<0.01
34	两眶内宽	9.40±0.41	8.95±1.33	>0.05
35	鼻根点至两眶内宽矢高	1.40±0.26	1.32±0.26	>0.05
36	中部面宽	9.93±0.70	9.45±0.42	<0.01
37	颧上颌高	3.32±0.46	3.16±0.36	>0.05
38	面底长	9.52±0.49	9.30±0.44	>0.05
39	颅容积（ml/100）	14.72±1.54	12.78±0.91	<0.01
40	眉弓凸度分度	3.77±0.50	2.31±0.82	<0.01
41	枕外隆凸分度	5.53±2.45	1.83±1.70	<0.01

（宋宏伟等，1991）

注 1. 表中各项观测指标的测量方法见本节附录 1，各项指标的测点位置见本节附录 2。

注 2. 1—38 项的单位为 cm。

三、颅骨性别差异的判别分析

1989年，丁世海就山东地区尸骨男51具，女19具用判别分析法研究了颅骨的性别差异。其观测指标有5项：颅长（X_1）、颅宽（X_2）、颅高（X_3）、耳上颅高（X_4）及颅容积（X_5）。得出准确度在85%以上的判别式13个：

判别式	临界值	准确度%
1. $Z=X_4-0.15436X_5$	−101.54	94.29
2. $Z=X_3-0.23946X_5$	−201.95	92.86
3. $Z=X_1-0.22993X_5$	499.41	92.86
4. $Z=X_1X_4+3421.37318X_5$	4849069.03	92.86
5. $Z=X_1X_2X_3-18161.75153X_5$	−22335647.63	92.86
6. $Z=X_2-1.08463X_5$	−1392.23	92.86
7. $Z=X_1-2.34918X_4+0.37084X_5$	425.19	92.86
8. $Z=X_1+0.87209X_4$	276.41	88.57
9. $Z=X_1+0.88552X_2+0.34346X_5$	343.72	88.57
10. $Z=X_1+0.51014X_3$	244.38	87.14
11. $Z=X_1+0.90565X_2$	299.84	85.72
12. $Z=X_1X_2X_4-6531.30211X_4$	2524519.36	85.72
13. $Z=X_1+0.82751X_2+0.43177X_4$	339.25	85.72

由判别式所得结果如大于临界值或小于负临界值可判定为男性。

丁世海认为观测指标的性差越大，准确度越高。如颅容积的性差达258ml，约为男性均值的1/6，而其他指标的性差不过是其均值的1/25至1/15，表明颅容积这一指标是最好的判别性别因素，其他依次为X_1，X_2，X_3和X_4。

继丁世海之后，宋宏伟等应用多元逐步回归和多元逐步判别分析的方法，就前述41项观测指标，对全颅、单块颅骨、不同颅骨侧面及各单一指标进行了性别差异的研究，获得了一系列判别方程，使用颅骨推定性别的准确性有所提高。

（一）全颅骨（不带下颌骨）的性别判定

用多元逐步判别分析方法从上述41项指标中获得了含有14个指标和5个指标的判别方程。

1. 14 项指标判别方程

$Z=-26.704-1.220X_9+0.728X_{15}-0.427X_{17}+0.048X_{20}+0.523X_{21}+2.339X_{22}+1.387X_{23}-1.450X_{24}+0.893X_{25}+1.360X_{28}+2.532X_{30}-2.097X_{32}+0.187X_{40}+0.246X_{41}$

判别值：$Z_0=0$ 判别率：100%

2. 5 项指标判别方程

$Z=-21.576-0.343X_{17}+1.070X_{21}+1.627X_{22}+2.532X_{30}+0.258X_{41}$

判别值：$Z_0=0$ 判别率：96.67%

如 Z 值$>Z_0=0$，则为男性，否则为女性。

应用举例：某公安局送来一具无名尸颅骨，要求性别鉴定。颅骨的测量结果如下。

X_9—枕骨大孔宽：	2.50	X_{24}—上牙槽弓长：	4.70
X_{15}—额骨弧：	11.50	X_{25}—上牙槽弓宽：	5.90
X_{17}—枕骨弧：	11.45	X_{28}—腭深：	1.10
X_{20}—上面高：	6.40	X_{30}—鼻梁至眶间宽矢高：	0.80
X_{21}—颧宽：	11.00	X_{32}—鼻骨最小高：	0.20
X_{22}—鼻高：	4.80	X_{40}—眉弓凸度：	0
X_{23}—鼻宽：	2.25	X_{41}—枕外隆突：	0

将上述结果分别代入判别方程：

14 个变量方程：$Z=-26.704-1.220\times2.50+0.728\times11.50-0.427\times11.45+0.048\times6.40+0.523\times11.00+2.339\times4.80+1.387\times2.25-1.450\times4.70+0.893\times5.90+1.360\times1.10+2.532\times0.80-2.097\times0.20\times0.187\times0+0.246\times0=-4.307$

$Z=-4.307<Z_0=0$，推定为女性颅骨。

5 个变量方程：$Z=-21.567-0.343\times11.45+1.070\times11.00+1.627\times4.80+2.532\times0.80+0.253\times0=-3.898$

$Z=-3.898<Z_0$ 推定为女性颅骨。

破案后证实，该无名尸为女性。

（二）单块颅骨的性别判定

1. 额骨的性别判别

（1）$Z=-16.80-0.68X_4+0.84X_5+0.47X_{12}+0.34X_{15}+1.05X_{29}-0.32X_{33}+0.12X_{34}+0.42X_{40}$

判别值：$Z_0=0$ 判别率：93.3%

（2）$Z=-16.49-0.65X_4+0.90X_5+0.82X_{12}+0.98X_{29}+0.42X_{40}$

判别值：$Z_0=0$　　　　判别率：93.3%

(3) $Z=-12.92+1.04X_5+0.49X_{40}$

判别值：$Z_0=0$　　　　判别率：90.0%

2. 枕骨的性别判别

(1) $Z=-7.33+0.15X_7+2.25X_8+0.71X_9-0.14X_{14}-0.32X_{17}+0.42X_{41}$

判别值：$Z_0=0$　　　　判别率：88.3%

(2) $Z=-5.49+2.55X_8-0.39X_{17}+0.49X_{41}$

判别值：$Z_0=0$　　　　判别率：90.0%

(3) $Z=-9.71+2.44X_8+0.44X_{41}$

判别值：$Z_0=0$　　　　判别率：85.0%

3. 上颌骨的性别判别

(1) $Z=-24.92+3.17X_{23}+0.99X_{22}-0.57X_{24}+2.13X_{25}+0.38X_{26}-1.32X_{27}+1.04X_{28}+0.73X_{36}-1.15X_{37}$

判别值：$Z_0=0$　　　　判别率：83.3%

(2) $Z=-24.72+3.0X_{23}+1.05X_{22}+2.18X_{25}-1.35X_{27}+1.04X_{28}-1.19X_{37}$

判别值：$Z_0=0$　　　　判别率：85.0%

(3) $Z=-24.58+3.04X_{23}+1.76X_{25}+0.84X_{28}-1.16X_{37}$

判别值：$Z_0=0$　　　　判别率：86.7%

(4) $Z=-25.14+3.05X_{23}+1.96X_{25}-1.09X_{37}$

判别值：$Z_0=0$　　　　判别率：86.7%

(5) $Z=-24.57+2.77X_{23}+1.55X_{25}$

判别值：$Z_0=0$　　　　判别率：81.7%

4. 顶骨的性别判别

$Z=-7.64-1.37X_{13}+1.85X_{17}$

判别值：$Z_0=0$　　　　判别率：66.7%

5. 下颌骨的性别判别

(1) 观测指标　X_1—下颌髁间宽、X_2—右下颌切迹深和 X_3—右第一、二磨牙间的下颌体高（指标的测量见本节末的附录 3）。

(2) 判别方程　$Z=-5.041+0.327X_1+0.317X_2+0.671X_3$

判别值：$Z_0=0$　　　　判别率：91.3%

$Z>Z_0$　为男性，$Z<Z_0$　为女性。

由上述判别方程可知，用单块颅骨判别性别，按效率高低顺序，首先是额骨和下颌骨，其次是枕骨和上颌骨、最后是顶骨。

（三）颅骨不同侧面的性别判别

1. 矢状面的性别判别

（1）测量指标：X_1—颅长、X_2—颅底长、X_8—枕大孔长、X_{24}—上牙槽弓长、X_{26}—腭长和 X_{38}—面底长，共 6 个观测指标。

（2）判别方程：$Z=-25.47+0.948X_1+2.876X_8$

判别值：$Z_0=0$　　判别率：71.67%

2. 冠状面的性别判别

（1）观测指标：X_3—颅宽、X_4—额最小宽、X_5—额最大宽、X_6—耳点间宽、X_7—星点间宽、X_{10}—枕骨大孔宽、X_{21}—颧宽（面宽）、X_{25}—上牙槽弓宽、X_{27}—腭宽、X_{29}—眶间宽、X_{33}—上部面宽、X_{34}—两眶内宽和 X_{36}—中部面宽，共计 13 个观测指标。

（2）$Z=-28.781-0.710X_4+0.766X_5+1.403X_{21}+0.950X_{25}+0.237X_{34}$

判别值：$Z_0=0$　　判别率：90.0%

3. 高度的性别判别

（1）观测指标：X_{10}—颅高、X_{11}—耳上颅高、X_{20}—上面高和 X_{32}—鼻骨最小高，共 4 个观测指标。

（2）判别方程　$Z=-32.325+1.320X_{11}+0.072X_{20}+3.115X_{32}$

判别值：$Z_0=0$　　判别率：83.33%

4. 弧长的性别判别

（1）观测指标　X_{15}—额骨弧、X_{16}—顶骨弧、X_{17}—枕骨弧、X_{18}—颅骨横弧和 X_{19}—颅周长，共 5 项观测指标。

（2）判别方程　$Z=-21.064+1.778X_{15}+0.5117X_{16}$

判别值：$Z_0=0$　　判别率：75.0%

5. 凸出度的性别判别

（1）观测指标　X_{30}—鼻梁至眶间宽的矢高、X_{32}—鼻骨最小高、X_{35}—鼻根点至两眶内宽的矢高、X_{37}—颧上颌高、X_{40}—眉弓凸度和 X_{41}—枕外隆凸度，共计 6 项观测指标。

（2）判别方程　$Z=-3.461+3.988X_{30}-1.025X_{32}-0.889X_{35}+0.333X_{40}+0.262X_{41}$

判别值：$Z_0=0$　　判别率：96.67%

6. 颅骨大小的性别判别

（1）观测指标　X_1—颅长、X_3—颅宽、X_{10}—颅高、X_{19}—颅周长和 X_{39}—颅容积，共 5 项观测指标。

（2）判别方程　　判别率

$Z=-13.127+0.863X_3+0.500X_{39}$　90.0%

$Z=-4.025+0.169X_1+0.552X_{39}$　86.67%

$Z=-17.792+0.021X_1+0.755X_3+0.437X_{10}+0.474X_{39}$　91.67%

判别值：$Z_0=0$。如 $Z>Z_0$，为男性；$Z<Z_0$，为女性，以上 6 项判别均同。

在上述 6 个侧面的性别判别中，按判别效率的高低顺序为：颅骨的凸出度、颅骨的大小和冠状面；颅骨的高度；弧长和矢状面。

在上述各个判别方程中，其变量数均少于观测指标。在逐步判别分析的流程中，对每个变量都要进行检验，把性差明显的变量留在方程中，而不显著的变量被剔除，这样获得的判别方程为优化判别方程。

（四）单一指标的性别判别

对 41 项观测指标分别进行性别判别，其判别结果如表 1—5—10。

表 1—5—10　单一指标的性别判别结果

方　程	Z_0	判别率（%）
$Z=0.63X_1$	10.62	65.0
$Z=0.56X_2$	5.36	63.4
$Z=0.91X_3$	12.69	73.4
$Z=0.38X_4$	3.38	61.7
$Z=1.11X_5$	12.75	76.7
$Z=1.69X_6$	20.33	78.4
$Z=0.55X_7$	5.78	71.4
$Z=1.87X_8$	6.20	63.4
$Z=2.06X_9$	5.49	68.3
$Z=0.71X_{10}$	9.51	65.0
$Z=1.31X_{11}$	15.08	63.3
$Z=1.45X_{12}$	16.10	71.7
$Z=0.24X_{13}$	2.63	50.0
$Z=0.65X_{14}$	−3.44	53.3
$Z=0.82X_{15}$	10.37	70.0
$Z=0.42X_{16}$	5.01	55.0
$Z=0.23X_{17}$	−2.61	56.7
$Z=0.36X_{18}$	11.45	66.7
$Z=0.11X_{19}$	5.51	68.7

续表

$Z=3.57X_{20}$	0.29	56.7
$Z=2.07X_{21}$	26.79	91.7
$Z=2.85X_{22}$	15.18	78.4
$Z=0.38X_{23}$	0.87	55.0
$Z=0.58X_{24}$	2.87	56.7
$Z=1.65X_{25}$	10.39	76.7
$Z=0.29X_{26}$	1.24	56.7
$Z=0.34X_{27}$	1.20	51.7
$Z=0.91X_{28}$	1.09	66.7
$Z=0.74X_{29}$	1.48	65.0
$Z=4.25X_{30}$	3.46	85.0
$Z=0.15X_{31}$	0.12	45.0
$Z=0.36X_{32}$	0.09	70.0
$Z=0.69X_{33}$	6.96	63.4
$Z=0.24X_{34}$	2.17	58.3
$Z=0.58X_{35}$	0.79	58.4
$Z=0.74X_{36}$	7.17	63.4
$Z=0.48X_{37}$	1.54	60.0
$Z=0.54X_{38}$	5.07	58.4
$Z=0.63X_{39}$	8.63	76.7
$Z=0.56X_{40}$	1.20	86.7
$Z=0.43X_{41}$	1.59	81.7

由单一指标判别率可知，在41项观测指标中，面宽（颧宽）是性别判定的最好指标(91.7%)。判别率在80—90%的有：X_{40}—眉弓凸度、X_{30}—鼻梁至眶间宽的矢高和X_{41}—枕外隆凸凸度；在70—80%的有10项；在60—70%的有14项；在50—60%的有12项；低于50%的有1项，X_{31}—鼻骨最小宽。颅骨的性别差异是由一些性差异较显著的指标决定的，而不是所有的指标都有性别差异。

四、应用 Fourier 变换法判定额骨性别

颅骨的某些非测量性状的性别差异非常明显，但单凭肉眼观察判别性别，主观性较大，且性差不明显者即使经验丰富的人亦不易做出正确判定。李春彪等（1991）应用数学变换方法，将101例（男55例，女46例）额骨矢状弧的形态曲线数量化成 Fourier 极数，然后进行判别分析。

Fourier 变换是将曲线视为由 n 个具有互不相同周期与振幅的单振动的 sin 和 cos 波合成的结果。若 Y（θ）表示以 2π 为周期的波形，则可将这一区间（0，2π）n 等分，而波形可由 Fourier 变换公式表示：

$$Y(\theta)=A_0+\sum_{i=1}^{n/2}(A_i\cos i\theta+B_i\sin i\theta)。$$

为使 Fourier 变换所表示的原始数据的特征更加明确，将同一周期的 sin 波和 cos 波合成为只用一个 sin 函数所表现的波形，即：

$$A_i\cos i\theta+B_i\sin i\theta=\sqrt{A_i^2+B_i^2}\sin(i\theta+\alpha i)。$$

该合成波的振幅（该波振动幅度）为 $\sqrt{A_i^2+B_i^2}$，位相为 α_i。

Fourier 变换的特点为：①用数学的方法来表示一个连续的曲线，只用几个主要的振幅就可以再现原形态；②振幅值各自独立，可依靠个别振幅的统计学处理来完成多个连续曲线的统计学处理；③以振幅为参数进行曲线形态的分类。

应用 Fourier 变换法判定额骨性别的方法举例如下：

1. 描绘颅骨正中矢状面轮廓图 将立方定颅器放在水平位置的桌面上，然后将颅骨固定于法兰克福平面。把立方定颅器以颅骨侧面向下的方位安放在桌面上，用水平定位针将三个测点，即：鼻根点（n）、颅底点（ba）和枕外隆凸点（i）调节在同一高度然后紧固螺钉，颅骨被固定在正中矢状面位置上。调节马丁描骨器的弓形指针针尖至与颅骨正中矢状面同一位置；调节笔杆臂，使铅笔芯尖恰好与纸面接触。将弓形指针的尖端轻轻地接触在轮廓线的起点（即鼻尖点）上。然后顺次沿着颅骨正中矢状面的周缘移动马丁描骨器。弓形指针针尖在正中矢状面周缘移动的路线，由笔杆臂尖端的铅笔准确地重现于安放在定颅器下方的绘图纸上。此即颅骨正中矢状面轮廓图。

2. 将所描图的 n－b 弧部分附在座标纸上，以 n 为原点，n－b 为横轴，将 n－b 装入直角坐标系的 I 象限中。

3. 在图上将 n－b 弦（X 轴）分为 32 等分；过 n 点做 n－b（X 轴）的垂线作为 Y 轴，然后读取 I 象限内曲线上相应点的 Y 值（mm）。以一颅骨为例，其结果如下：（图 1—5—16）

$Y_0=0$	$Y_1=6.0$	$Y_2=8.8$	$Y_3=10.0$	$Y_4=11.2$	$Y_5=12.8$
$Y_6=14.2$	$Y_7=15.9$	$Y_8=17.1$	$Y_9=18.8$	$Y_{10}=19.5$	$Y_{11}=20.0$
$Y_{12}=20.8$	$Y_{13}=21.1$	$Y_{14}=21.4$	$Y_{15}=21.5$	$Y_{16}=21.4$	$Y_{17}=21.1$
$Y_{18}=20.9$	$Y_{19}=20.2$	$Y_{20}=19.6$	$Y_{21}=18.4$	$Y_{22}=17.6$	$Y_{23}=16.4$
$Y_{24}=15.0$	$Y_{25}=13.4$	$Y_{26}=12.0$	$Y_{27}=10.1$	$Y_{28}=8.5$	$Y_{29}=6.4$
$Y_{30}=4.4$	$Y_{31}=2.6$				

4. 应用下述（1）—（5）式进行 Fourier 变换

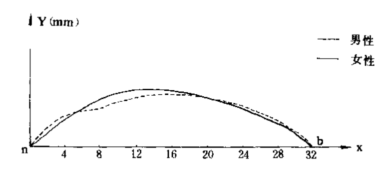


图 1—5—16　男女额骨形态曲线

$$A_0=\frac{1}{32}\sum_{m=0}^{31}Y_m \qquad (1)$$

$$A_k=\frac{1}{16}\sum_{m=0}^{31}Y_m\cos(2\pi km/32) \qquad (2)$$

$$B_k=\frac{1}{16}\sum_{m=0}^{31}Y_m\sin(2\pi km/32) \qquad (3)$$

$$P_k=\sqrt{A_k^2+B_k^2} \qquad (4)$$

$$P_k'=100P_k/A_0 \text{（标准化处理）} \qquad (5)$$

（k＝1，2，…，16）

全部变换的运算过程较为复杂，可应用 BASIC 程序（见本节末附录 4）在计算机上进行：

通过 Fourier 变换，得到 16 个标准化的振幅：

$P_1=56.94$　$P_2=13.41$　$P_3=6.23$　$P_4=4.82$　$P_5=4.05$

$P_6=3.23$　$P_7=2.30$　$P_8=2.31$　$P_9=2.20$　$P_{10}=1.47$

$P_{11}=1.42$　$P_{12}=1.84$　$P_{13}=1.25$　$P_{14}=1.10$　$P_{15}=1.48$

$P_{16}=0.99$

5. 判别分析　应用下列判别方程进行判别分析：

$$\begin{aligned}Y&=-4.3855-0.327P_3+1.0596P_6+0.9747P_8+1.4338P_9+1.2766P_{10}-0.7709P_{14}\\&\quad-0.8342P_{16}\\&=-4.3855-0.327\times6.23+1.0596\times3.23+0.9747\times2.31+1.4338\times2.20\\&\quad+1.2766\times1.47-0.7709\times1.10-0.8342\times0.99\\&=2.1984。\end{aligned}$$

该方程的界限值为 $Z_0=-0.1004$，即 $Y>Z_0$ 时，该颅骨为男性；$Y<Z_0$ 时，该颅骨为女性。本例因 $Y>Z_0$，故该颅骨为男性。

应用 Fourier 变换法判定性别，是根据颅骨形态的性别差异，而不是根据颅骨整体的

大小。因在 Fourier 变换过程中已将振幅标准化，故本方法的判定结果不受颅骨大小的影响；另一方面，虽然 Israel (1973) 和 Bebrents (1985) 都认为成人颅骨仍在持续增长，但其增长是等比例的，并不会因其增大而改变其各部位的形态，因此，本方法的判定结果亦不受颅骨年龄的影响，其判别率可达到 89.11%。

【附录 1】观测指标及其测量方法

X_1——颅长（眉间点至枕外隆凸点长，glabello-inion length，g-i）：眉间点（g）至枕外隆凸点（i）之间的直线距离。用弯角规测量。测量者位于颅骨的左侧，用左手将弯脚规的一端置于眉间点（g），用右手将弯脚规的另一端置于枕外隆凸点（i）。此时，所得之数值即为颅长。

X_2——颅底长（basis length，enba-n　）：为枕骨大孔前缘点（enba）至鼻根点（n）的距离。用弯角规测量。

X_3——颅宽，又称颅骨最大宽（maximum cranial breadth，eu-eu）：左右侧颅侧点（eu）之间的直线距离。用弯脚规测量。将颅骨的枕面朝向测量者，用弯脚规测量。将颅骨的枕面朝向测量者，用弯脚规的两端在外耳门上方颞鳞后上角以及顶结节附近不断地上下活动，以探觅颅骨的最大宽径。测量时注意弯脚规的主尺应与颅骨正中矢状面保持垂直。

X_4——额最小宽（minimum frontal breadth，ft-ft）：额骨的两侧额颞点（ft）之间的距离。用直脚规或弯脚规测量。

X_5——额最大宽（maximum frontal breadth，co-co）：两侧冠缝点（co）之间的距离。用直脚规或弯脚规测量。

X_6——耳点间宽（biauricular breadth，au-au）：两侧耳点（au）之间的距离。用直脚规或弯脚规测量。

X_7——星点间宽（asterionic breadth，ast-ast）又称枕骨最大宽（maximum occipital breadth）：两侧星点（ast）之间的直线距离。用直脚规或弯脚规测量。

X_8——枕骨大孔长（foramen magnum length enba-o）：枕骨大孔前缘点（enba）至枕骨大孔后缘点之间的直线距离。

X_9——枕骨大孔宽（foramen magnum breadth）：枕骨大孔外侧缘的最大宽径。用直脚规测量。测量时应将此径与枕骨大孔长保持垂直。

X_{10}——颅高（basi-bregmatic height，ba-b）：颅底点（ba）至前囟点（b）之间的直线距离。用弯脚规测量。

X_{11}——耳上颅高（auricular height）：颅顶正中线上的一点（不是颅顶点）至两侧外耳门上缘点（po）连线的垂直距离。用摩里逊定颅器测量。先将颅骨固定在摩里逊定颅器上，使其位于法兰克福平面位，然后装上侧耳上颅高器，将竖尺放下，使与颅顶相接触（正中矢状面上），此时在竖尺上所示的读数，即为耳上颅高。也可用圆杆直脚规测量。测量时将颅骨固定于法兰克福平面，圆杆直脚规的主尺杆必须保持垂直。

X_{12}——额骨矢状弦（frontal chord，n-b）：鼻根点（n）至前囟点（b）的直线距离。用直脚规或三角平行规测量。

X_{13}——顶骨矢状弦（parietal chord，b-l）：前囟点（b）至人字点（l）的直线距离。用直脚规或三

脚平行规测量。

X_{14}——枕骨矢状弦（occipital, chord, l-o）：人字点（l）至大孔后缘点（o）的直线距离。用直脚规或三角平行规测量。

X_{15}——额骨矢状弧（frontal, arc, arc n-b）：鼻根点（n）至前囟点（b）的弧长。用软尺测量。

X_{16}——顶骨矢状弧（parietal arc, arc b-l）：前囟点（b）至人字点（l）的弧长。用软尺测量。

X_{17}——枕骨矢状弧（occipital, arc, arc l-o）：人字点（l）至大孔后缘点（o）的弧长。用软尺测量。

X_{18}——颅骨横弧（auriculo-bregmatic arc, po-b-po）：一侧外耳门上缘点（po）经前囟点（b）至另一侧耳门上缘点（po）之弧长。测量时，软尺必须紧贴颅骨表面。

X_{19}——颅周长（horizontal circumference, g-po）：通过眉间点（g）和颅后点（op），再绕回至眉间点的颅骨水平周长。用软尺测量。测量时软尺必须紧贴颅骨表面。

X_{20}——上面高（upper facial height, n-sd）：鼻根点（n）至上齿槽点（sd）的直线距离。用直脚规测量。

X_{21}——颧宽或面宽（bizygomatic breadth, zy-zy）：两侧颧点（zy）之间的距离。用弯角规或直角规测量。

X_{22}——鼻高（nasal height, n-ns）：鼻根点（n）至鼻棘点（ns）的直线距离。用直角规测量。

X_{23}——鼻宽（nasal breadth）：梨状孔的最大宽度。用直脚规内径长脚测量。测量时此径应与颅骨正中矢状面相垂直。

X_{24}——上牙槽弓长（maxilloalveolar length, pr-alv）：上牙槽前缘点（pr）至上牙槽后点（alv）之间的直线距离。用直角规测量。测量时直脚规的主尺应与硬腭正中线平行，直脚规的固定脚置上牙槽前缘点（pr），活动脚达上牙槽突后点（alv）。此时的尺眶读数即为上牙槽弓长，也可用弯脚规。

X_{25}——上牙槽弓宽（maxilloalveolar, breadth, ekm-ekm）：两侧上牙槽外点（ecm）之间的直线距离。用直脚规测量。

X_{26}——腭长（palatal length, ol-sta）：口点（ol）至口后点（sta）之间的直线距离。用直脚规测量。

X_{27}——腭宽（palatal breadth, enm-enm）：两侧上牙槽内点（enm）之间的直线距离。用直脚规内径长脚测量。测量时应注意卡脚尖应接触在上牙槽突内侧缘上。

X_{28}——腭深或腭高（palatal height）：第一磨牙后方牙槽隔最突出点至腭顶正中线上一点的投影高度。用测腭器测量。腭顶正中线上的一点与两侧上颌第一磨牙后方牙槽隔最突出点构成的平面，应与腭平面垂直。

X_{29}——眶间宽（interorbital breadth, mf-mf）：两侧眶内缘点（d）之间的直线距离。用三角平行规或直脚规测量。

X_{30}——鼻梁至眶间宽的矢高（subtense mf-mf）：鼻骨正中线至眶间宽（d-d）的最小矢高。与眶间宽同时测量。用三脚平行规测量。测量时先把三脚平行规的两脚接触在左右眶内缘点上，然后将中间竖尺的尖端靠在鼻骨正中线上，上下移动中间竖尺，以测得的最小读数，即为鼻梁至眶间宽的矢高。

X_{31}——鼻骨最小宽（simotic chord, sc）：鼻额缝之间的最小直线距离。用三角平行规测量。

X_{32}——鼻骨最小高（simotic subtense, ss）：鼻骨正中线至鼻骨最小宽的最小矢高。用三脚平行规测量。可与鼻骨最小宽测量同时进行。将三脚平行规的中间竖尺尖端在鼻骨正中线上移动，测得最小的读数即为鼻骨最小矢高。

X_{33}——上部面宽（upper facial breadth，fmt-fmt）又称外侧两眶宽：两侧额颧颧点（fmt）之间的直线距离。用直脚规测量。

X_{34}——两眶内宽（internal biorbital breadth，fmo-fmo）又称内侧两眶宽：两侧眶额颧点（fmo）之间的直线距离。用直脚规测量。

X_{35}——鼻根点至两眶内宽矢高：鼻根点（n）至两侧眶额颧点（fmo）连线的垂直距离。用三脚平行规与两眶内宽测量同时进行。即先把三角平行规的两个外侧脚接触两侧眶额颧点（fmo）上，读出两眶内宽的数值，然后把中间竖尺的尖端降至鼻根点（n），此时竖尺上的读数，即为鼻根点至两眶内宽的矢高。

X_{36}——中部面宽（middle facial breadth，gb，zm-zm）：两侧颧颌点（zm）之间的直线距离。用三脚平行规或直脚规测量。

X_{37}——颧上颌高（subtense GB）：上牙槽前缘点（pr）至中部面宽（zm-zm）的垂距。用三脚平行规测量。测量时可与测中部面宽同时进行，即将三脚平行规的两脚置于左右颧颌点（zm），中间竖尺尖端放在上牙槽前缘点（pr）上。此时中间竖尺所示的读数，即为颧上颌高。

X_{38}——面底长（prosthion to endobasion length，basi-alveolar length，facial profile length）：枕骨大孔前缘点（enba）至上牙槽前缘点（pr）的直线距离。用直角脚测量。

X_{39}——颅容积（ml/100）：用棉球塞住颅骨的各孔后，将均匀的细沙填注颅腔至枕骨大孔水平，然后倒入量筒中以示读数。

X_{40}——眉弓凸度：分级标准：0——平坦；1——稍显；3——显著；7——特显。

X_{41}——枕外隆凸凸度：分级标准：0——平坦；1——稍显；5——显著；7——特显。

上述 41 项指标，除 X_{39-41}外，其它指标的单位均为 cm。

注意：测量时要用标准的人体骨骼测量仪进行（见第二章），并将颅骨放在法兰克福平面上。如是下颌骨可在以下两个平面上测量：

（1）牙槽平面（alveolar plane）即下牙槽点（id）与下颌左右两侧第二、三磨牙之间牙槽隔最向上突出点所构成的平面。

（2）基底平面（basilar plane，basal plane）即将下颌骨基底缘向下平放在桌面玻璃板上，下颌骨基底缘与玻璃板相接触的平面。

【附录 2】 颅骨性别测量指标的标志点

1. 眉间点（glablla，g）位于额骨左右两眉弓内侧端之间，在正中矢状面上最向前突出的一点。常位于额鼻缝的上方。当额骨眉间区十分平坦无法定出最向前突出的一点时，可借两侧眉弓内侧端之趋势，来确定此点。一般可定在眉间区（左右侧眉弓内侧端之间的区域）的中央位置。确定此点时，颅骨必须置于法兰克福平面上，否则所定之点的位置可能偏高或偏低。

2. 上牙槽点（supradentale 或 hypoprothion，sd）为上颌骨两个中切牙牙槽隔上最前突的一点。

3. 鼻根点（nasion，n）额鼻缝与正中矢状面的交点。有时在颅骨前面的正中矢状位附近，两侧额鼻缝有高低之差，则取其上下的中间位置以确定此点。

4. 前囟点（bregma，b）为冠状缝和矢状缝的交点。如在前囟区有缝间骨出现或当骨缝强烈扭曲，使此点偏离正中矢状面，可以此两缝的主要趋向，即由目测所得的两缝的主轴在前囟区缝间骨上的相交之点，定为前囟点。

5. 颅顶点（vertex，v）将颅骨置于法兰克福平面上，颅骨在正中矢状面上最高的一点，即为颅顶点。

6. 人字点(lambda，l)为颅骨矢状缝与人字缝之交点。若有印加骨(inca bone)或人字点骨(lambdoid bone）出现，则以两缝的主要趋向，由目测所得两缝的主轴相交之点来确定。

7. 枕外隆凸点（inion，i）为枕骨上项线与正中矢状面的交点。当上项线不明显或枕外隆凸形状有变异（如呈喙状的枕外隆凸或有枕外圆枕）时，确定此点较为困难，可在枕外隆凸下面向颅底转折处确定此点。

8. 大孔后缘点（opisthion，o）为枕骨大孔后缘与正中矢状面相交之点。如该处有结节或切迹存在时，则以大孔后缘总的轮廓线与正中矢状面相交点来确定。

9. 大孔前缘点（endobasion，enba）为枕骨大孔前缘与正中矢状面相交而最向后的一点。

10. 颅底点（basion，ba）为枕骨大孔前缘与正中矢状面相交而最向下的一点。

11. 口后点（staphylion，sta）位于硬腭后部，两侧腭后切迹缘的共同切线与正中矢状面的交点。

12. 上牙槽突后点（alveolon，alv）为上颌牙槽突后缘的切线与腭正中线的交点。可用一支细直的钢针，紧靠在上颌牙槽突后缘（代表上颌牙槽突后缘的切线），此针的前缘与腭正中线相交之点即为上牙槽突后点。

13. 口点（orale，ol）位于硬腭前部，左右上中切牙牙槽后缘的共同切线与正中矢状面相交的一点。

14. 星点（asterion，ast）为人字缝、枕乳缝和顶乳缝相交之点。如有缝间骨存在，则以三缝的主要趋向，以目测所得三缝的延长线相交之点来确定。

15. 耳点（auriculare，au）位于颅骨侧面，为颧骨颧突根部（或其延长线）与通过耳门上点的垂线相交而最向外侧突出的一点。

16. 外耳门上缘点（porion，po）为外耳门上缘中点。常位于耳点下内侧方，为目测的平分外耳门为前后两半的垂直线与外耳门上缘的交点。确定此点时应先确定外耳门上缘，此缘的确定方法：在外耳门的后上部常有一斜行的小骨棘（耳道上棘：spina suprameatica），此骨棘的基部即为外耳门后上缘的一部分，借此以确定外耳门的上缘。

17. 颅侧点（euryon，eu）为颅侧面上最向外突出的一点。一般位于顶结节附近，也有位于颞骨鳞部后上角或上部的。在测量颅最大宽后才能确定此点。

18. 冠缝点（coronale，co）位于颅骨侧面上，为冠状缝上最向外侧的一点。

19. 额颞点（frontotemporale，ft）位于额骨上，为两侧额骨颞嵴相互间距离最近之点。

20. 眶内缘点（dacryon，d）位于眶内侧壁，为额泪缝、额上颌缝和泪上颌缝三者相交之点。

21. 眶下缘点（orbitale，or）当颅骨骨处于法兰克福平面位置时，为眶下缘的最低点。一般位于眶下缘外侧的三分之一部分，而不是在眶下缘的中部。如眶下缘较圆钝时，可用粗铅笔芯擦出其适中部分，不可偏向眶下缘的前面或后面。

22. 颧颌点（zygomaxillare，zm）位于颅骨前面，为颧上颌缝的最下点。

23. 颧点或颧弓点（zygion，zy）位于颅骨侧面，为颧弓最向外突的一点。

24. 上牙槽外点（ectomalare，ecm）为上颌牙槽突向外侧最突出之点。通常在上颌第二磨牙牙槽缘的外侧。

25. 上牙槽内点（endomalare，enm）位于上颌第二磨牙牙槽突内侧缘的中点。

26. 下颌角点(gonion，go)位于下颌角区的外面，为下颌体下缘与下颌支后缘的相交处最向下、最向后和最向外突出的一点。有时下颌角区呈弧形转折，则可采用下颌体下缘与下颌支后缘组成夹角的二等分线确定此点。其方法是作此二等分线的延长线，与下颌角区的边缘相交，此相交之点即为下颌角点。

27. 髁突外点（condylion laterale，cdl）为下颌关节突最向外突出的一点。

28. 喙突尖点（coronion，cr）为下颌骨喙突尖端之点。

29. 下牙槽点（infradentale，id）在下颌牙槽突的左右中切牙之间的牙槽隔上最向上、最向前突出的一点。

30. 颏下点（gnathion 或 menton，gn）为下颌骨下缘与正中矢状面相交之点。

31. 颏前点（pogonion，pg）为下颌骨隆凸在正中矢状面上最向前突出的一点。

32. 颏孔点（mentale，ml）为下颌骨颏孔下缘的最低点。如下颌一侧同时存在两个以上的颏孔时，则刻孔点定为主颏孔下缘最低之点。

【附录 3】 下颌骨的性差观测指标及其测量

X_1：下颌髁间宽（bicondylar breadth，cdl-cdl），两侧髁突外侧点间的直线距离。用直角规测量。注意在角规主干应与整个下颌骨的正中线相垂直。

髁突外侧点（condylion latarale，cdl）：下颌关节突最向外突出之点。

X_2：下颌切迹深（depth of mandibular notch）用三角平行规先测出下颌切迹宽（喙突尖点与髁突最高点之间的距离），然后将中间活动测臂的尖端与切迹最凹处相接触，测得的高度为下颌切迹深。

喙突尖点（coronion，cr）：下颌喙突尖端之点。

X_3：第一、二磨牙间的下颌体高：第一与第二磨牙之间的牙槽隔到下颌下缘的高度。用直角规测量。注意直脚规的主干与下颌基底缘垂直。

【附录 4】 Fourier 变换 BASIC 程序

```
10   DIM Y (32), I (32), T (32), AA (16), BB. (16), A (16), B (16), P (16)
20   GOSUB 500
30   FOR K=1 TO 16
40   A (K) =0: B (K) =0: AA (K) =0: BB (K) =0: P (K) =0
50   FOR M=0 TO 31
60   T (M+1) =0: I (M+1) =0
70   I (M+1) =COS (2×3.14×K×M/32) ×Y (M+1)
80   T (M+1) =SIN (2×3.14×K×M/32) ×Y (M+1)
90   AA (K) =AA (K) +I (M+1)
100  BB (K) =BB (K) +T (M+1)
110  NEXT M
120  A (K) =AA (K) /16: B (K) =BB (K) /16
130  P (K) = ( (A (K) ^ 2+B (K) ^ 2) ^ 0.5) 100/Ao
140  LPRINT "P ( "; K;") ="; P (K).
150  NEXT K
500  FOR I=1 TO 32
```

```
510  READ Y (I)
520  S=S+Y (I)
530  NEXT I
540  Ao=S/32; RETURN
550  DATA 0, 6.0, 8.8, 10.0, 11.2, 12.8, 14.2, 15.9, 17.1
560  DATA 18.8, 19.5, 20.0, 20.8, 21.1, 21.4, 21.5, 21.4
570  DATA 21.1, 20.9, 20.2, 19.6, 18.4, 17.6, 16.4, 15.0
580  DATA 13.4, 12.0, 10.1, 8.5, 6.4, 4.4, 2.6
```

（宋宏伟，李春彪）

第四节 根据躯干骨及四肢骨判定性别

一、根据躯干骨判定性别

（一）胸骨的性别判别

早在上个世纪，Hyrtl、Dwight 等人就已发现胸骨测量值及其某些指数在男女两性间存在着差异。一般认为，男性的胸骨体部长比胸骨柄部长大 2 倍多，女性的不到 2 倍。据 Martin 的统计，柄与体之比男性为 1∶2.04—1∶2.64，女性为 1∶1.4—1∶1.94。但此标准并不绝对，常有一些标本被误判。

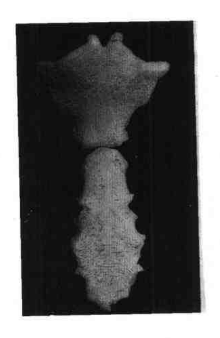
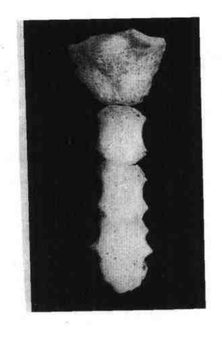



图 1—5—17 胸骨的性别差异（左侧女性，右侧男性）

判别函数的应用，使根据胸骨判定性别的判别率大大提高，结果也更可靠。现将刘武等的判别方程介绍如下。

刘武等研究所用标本为长春地区现代人胸骨，共 85 副（男 52，女 33）。测量了如下 7 个项目：

全长（X_1）：颈静脉切迹最下凹点到胸骨体下缘最低点的直线距离。

柄长（X_2）：胸骨柄上缘中点到胸骨柄前下缘中点的直线距离。

体长（X_3）：胸骨体前面上下缘中点之间的直线距离。

柄宽（X_4）：胸骨柄两侧缘最外突点间的距离。应与胸骨柄长相垂直。

体宽（X_5）：胸骨体两侧缘最外突点间的投影距离。应与胸骨体长轴相垂直。

柄最大厚（X_6）和体最大厚（X_7）：通过变量的不同组合，得出 21 个判别方程（表 1—5—10）。

表 1—5—10　胸骨性别判别方程　(mm)

	判别方程	判别值	判别率（%）
1	$Z=X_2+0.1663X_3+1.8118X_4+1.0410X_5+1.0244X_6+7.0518X_7$	312.3347	89.41
2	$Z=0.0836X_2+0.1555X_4+0.0961X_5+0.1067X_6+0.5921X_7$	26.4295	88.24
3	$Z=0.0143X_3+0.1769X_4+0.0942X_5+0.0847X_6+0.6159X_7$	25.0455	88.24
4	$Z=X_2+1.9400X_4+1.2278X_5+7.5621X_7$	300.8947	90.59
5	$Z=X_2+1.9860X_4+1.6371X_6+5.5394X_7$	262.8681	89.41
6	$Z=0.0202X_3+0.1796X_4+0.0949X_5+0.6425X_7$	24.6539	87.06
7	$Z=0.0365X_3+0.1988X_4+0.0904X_6+0.5539X_7$	24.3223	87.06
8	$Z=X_2+0.2670X_3+1.5639X_4+2.3608X_6$	203.1412	87.06
9	$Z=X_2+0.4465X_3+1.8858X_4+6.1070X_7$	275.7219	89.41
10	$Z=0.1814X_4+0.1037X_5+0.1065X_6+0.6201X_7$	24.8125	87.06
11	$Z=X_2+1.6711X_4+2.7807X_6$	193.0922	85.88
12	$Z=X_3+2.9114X_4+14.9289X_7$	382.7810	85.53
13	$Z=X_1+3.5625X_4+11.2419X_7$	490.8648	88.24
14	$Z=0.1155X_2+0.2003X_4+0.0592X_5$	19.7574	84.71
15	$Z=X_2+2.1017X_4+6.0287X_7$	248.1657	89.41
16	$Z=0.1759X_2+0.2865X_6+0.5323X_7$	20.0085	83.53
17	$Z=X_3+4.6934X_4+13.5199X_7$	542.6361	85.88
18	$Z=X_4+0.5864X_5+3.5091X_7$	125.2550	88.24
19	$Z=X_4+1.4406X_6$	84.7177	81.18
20	$Z=X_5+4.0835X_7$	86.8392	83.53
21	$Z=X_4+2.5777X_7$	92.9002	85.88

如 Z 大于判别值则判定为男性，反之判定为女性。

例：某例胸骨：全长 141.80mm，柄长 46.10mm，体长 95.80mm，柄宽 58.30mm，体宽 37.10mm，柄厚 12.20mm，体厚 9.00mm。将上述数据代入判别方程 4：

$$Z = 46.10 + 1.9400 \times 58.30 + 1.2278 \times 37.10 + 7.5621 \times 9.00$$

$$= 272.810$$

因 272.810<300.8947，故判定该胸骨为女性的。

在胸骨的性差鉴识中，有时遇到胸骨孔问题。所谓胸骨孔，即出现于胸骨体中线下三分之一处的圆形或卵圆形小孔，直径在 3—18mm 之间，单一存在。圆孔的内缘光滑，没有腹侧或背侧斜面。

此孔一般在 20 岁以后出现，出现率为 7.7%。男性出现率（9.6%），约是女性的（4.3%）2 倍。故而，胸骨孔可作为性别鉴定的参考。胸骨孔的出现率在黑人稍高。其形成原因，认为可能是由于胸骨体下端中线两侧的两个骨化中心不正常的骨化或愈合造成的。有时胸骨孔被误认为枪弹创。

（二）肋软骨骨化方式的性别差异

随着年龄的增长，人体内某些软骨发生不同程度的骨化，肋软骨也是如此。关于其骨化方式的性别差异，从 1914 年(Kaiser F)至今，已有许多学者进行了研究，但以 Fischer E（1955）和 McCormick WF（1983，1985）的研究较为全面、细致。Fischer E 的研究材料为临床的胸部 X 光照片，而 McCormick WF 的为从尸体上剪取的包括肋骨末端、肋软骨和胸骨在内的前胸廓的 X 光照片，故其研究更为详细。McCormick WF（1985）将男女肋软骨的骨化方式分别作如下分型：

1. 女性骨化类型

A 型　由位于肋软骨中轴处的、轮廓光滑的骨化球组成，从肋骨端向胸骨端延续，胸骨端可见重度骨化（图 1—5—18）。此型为老年女性所特有，55 岁以下罕见、一般发生于 70 岁以上的老人。任何年龄的男性均未出现此型。

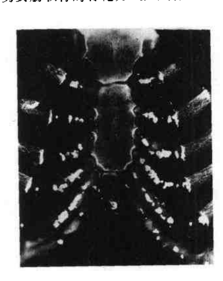


图 1—5—18　A 型肋软骨骨化
(McCormick WF)

B 型　由位于肋骨端的底平行于肋骨末端面、顶指向胸骨侧的棱锥体形骨化物构成，外周经常可见有伸向胸骨端的“蟹钳”样骨化轮廓出现在肋骨端软骨膜下。在 60%的年龄较 A 型为低的成年女性中可见此型骨化。

C 型　由沿肋骨中轴散在分布的、小而不规则的、有锐利棱角的钙化点构成，无肋骨端的棱锥体形骨化。

2. 男性骨化类型

E 型　肋软骨的钙化始于软骨膜下，在肋软骨的外周，从肋骨端向胸骨端骨化，且胸肋关节几乎总是骨化。这是典型的男性骨化方式（图 1—5—19）。

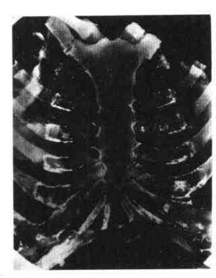


图 1—5—19　E 型肋软骨骨化
(McCormick WF)

F 型　由呈网格样的散在骨化及其间规则排列的、小而圆的 X 线透过区构成，状似“蜂巢”（“蜂巢”征）。

G 型　由块状骨化构成，但胸肋关节无骨化现象。此型大多见于高龄男性，故可能为 F 型的终末表现。

3. 非确定型

非确定型是指肋软骨的骨化不足以或不能够用来判定性别。可分 3 型：

(1) 轻微骨化型：仅有肋骨末端关节面有骨化。

(2) 骨化过度型：全部肋软骨呈高密度骨化，无法辨别骨化类型。

(3) 混合型：是指在一肋软骨上，既存在某一男性钙化类型，同时还存在某一女性钙化类型，如 E 型与 B 型同时存在，以至无法判定性别。在成年人中，此型出现率为 6.6%。

此外，McCormick WF (1985) 还分别在女性骨化类型中谈到 D 型骨化，在男性中谈到 H 型。但因为只根据这两型的骨化形态难以正确判定性别，尚需借助其它测量项目，故笔者将二者归入“非确定型”。

D 型　由出现于肋骨端和胸骨端的中等程度的钙化构成，偶尔可见肋骨端上方软骨膜下有刺状骨化探向胸骨端。此型在成年人中的出现率仅为 2.4%，其中半数发生在 20—25 岁青年人中。在女性中的出现率仅为 4.8%。

H 型　由在肋软骨外侧 2/3、沿中轴呈线状分布的微小钙化点构成（“椒盐”征）。内侧 1/3 及胸肋关节无钙化，肋骨末端可见关节面呈线样钙化。此型在成年人中的出现率仅为 2.6%。

肋软骨的骨化出现于 25 岁以后。在一位 15 岁男孩 (McCormick WF, 1980) 和一位 16 岁女孩 (Elkeles A, 1966) 肋软骨中发现的骨化现象是极其罕见的。早期钙化都是不确定型的，通常在 35 岁左右才出现能分型的钙化。一般男性骨化强于女性 (McCormick WF, 1980; King JB, 1939)，女性骨化早于男性 (McCormick WF, 1980; Elkeles A, 1966)。在 McCormick WF (1985) 的研究材料中 (20 岁以上的成年人)，79.2%的人出现足以判别其骨化类型的骨化，而其中 92.0%的材料只根据其肋软骨的骨化类型即可正确地判定其性别。

笔者曾观察了 144 例（男 71 例，女 73 例）临床胸部 X 光照片，统计、分析结果与 McCormick WF（1985）的基本相同（表 1—5—11），但男性结果远比女性的好。不发生或只发生轻微型骨化的情况在各年龄组均可见到。但肋软骨骨化随年龄增长而发展的趋势是明显的。在 60 岁以上的材料中，70%出现明显的骨化。最早出现骨化的为第一肋软骨，最早出现完全骨化的亦为第一肋软骨。但因第一肋软骨多表现为中轴性棱锥样骨化，且性别差异不很明显，故笔者认为，在根据肋软骨骨化类型判定性别时，应将第一肋软骨除外。

表 1—5—11　研究结果比较

作者	性别	骨化方式	
		男性型	女性型
McCormick WF	男	514	41
	女	32	312
李春彪	男	56	2
	女	5	36

（三）寰椎的性别判别

寰椎的性别差异不十分明显，其某些测量值虽然有非常显著的性别差异，但分布均比较分散，在男女两性间有较高的重叠率，都在 38.9%以上。

任光金（1987）应用判别函数分析法，求出了根据全宽和矢径这两个变量判定寰椎性别的判别方程：

Z＝全宽＋2.21098×矢径

全宽：两侧最外突点的投影距离。矢径：前后最突出点间的投影距离。

方程的临界值为 $Z_0=172.9102$。如 $Z>Z_0$，则判定为男性，如 $Z<Z_0$，则判定为女性。

（四）根据甲状软骨判定性别

甲状软骨是最大的喉软骨，形似盾牌，位于环状软骨与会厌软骨之间，构成喉前壁和侧壁的大部分。甲状软骨左右两板的前缘相互愈着构成前角。前角上端向前突出，成年男子的特别显著，是形成喉结的基础，而女性的向前突出不明显。

前角后面的角隅，男子近似直角，女子多呈钝角（约 120°左右）（图 1—5—20）。

从整体来看，男性的甲状软骨体积大、骨板厚、重量大；女性则相对较小、较薄、较轻。

二、根据四肢长骨判定性别

四肢长骨的性别差异不十分明显，虽然许多测量项目的男女均值都有非常显著的差

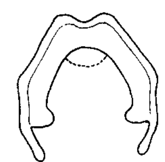
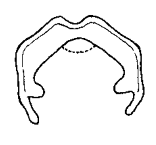



图 1—5—20　前角的性别差异

别，但重叠范围较大，使得只根据长骨的测量值判定性别较为困难。在长骨中，以股骨的性别差异最明显；就上下肢比较，上肢骨比下肢骨性别差异明显，肱骨尤为显著。目前，由于判别函数分析法的广泛应用，根据四肢长骨判定性别的判别率已大为提高，可以应用于实际的法医学或人类学的鉴定工作。

（一）上肢长骨的性别判别

刘武（1989）根据 80 年代初期在长春地区收集的中国人完整全身骨骼，共 100 副（男女各 50 副），就上肢长骨的性别差异进行了更为细致的研究，其方法不仅对完整长骨，而且由于其测量项目多，各测量项目互相组合，所以对破碎长骨也有应用价值。

1. 上肢长骨性差测量项目

肱骨测量项目取 16 项，桡骨及尺骨测量项目各取 10 项，如表 1—5—12 所示。

2. 肱骨的性别判别函数如表 1—5—13。

3. 桡骨的性别判别函数如表 1—5—14。

4. 尺骨的性别判别函数如表 1—5—15。

5. 上肢骨逐步判别函数如表 1—5—16。

6. 判别　应用上述 2—4 各判别函数表，如所得 Z 值大于临界值（判别值）为男性；反之，为女性。第 5 项的上肢骨逐步判别函数，如其结果 $Y_1>Y_2$，判为男性；反之为女性。

表 1—5—12　　上肢长骨性差测量项目*　　(mm)

肱骨		桡骨		尺骨	
变量 X	项　目	变量 X	项　目	变量 X	项　目
X_1	最大长	X_{17}	最大长	X_{27}	最大长
X_2	全　长	X_{18}	生理长	X_{28}	生理长
X_3	上端宽	X_{19}	下端宽	X_{29}	上部横径
X_4	下端宽	X_{20}	小头横径	X_{30}	上部矢径

续表

肱骨		桡骨		尺骨	
变量X	项　目	变量X	项　目	变量X	项　目
X_5	头最大横径	X_{21}	小头矢径	X_{31}	骨干横径
X_6	头最大矢径	X_{22}	骨干横径	X_{32}	骨干矢径
X_7	体中部最大径	X_{23}	骨干矢径	X_{33}	鹰嘴宽
X_8	体中部最小径	X_{24}	骨干周长	X_{34}	鹰嘴深
X_9	中部横径	X_{25}	小头周长	X_{35}	骨干周长
X_{10}	中部矢径	X_{26}	体最小周长	X_{36}	体最小周长
X_{11}	滑车宽				
X_{12}	滑车与小头宽				
X_{13}	滑车矢径				
X_{14}	头周长				
X_{15}	中部周长				
X_{16}	体最小周径				

* 各测量项目的测量标准参见本节末附录1。

表1—5—13　　肱骨性别判别函数

序号	判别函数	F值	临界值	判别率(%)
1	$Z=X_2+17.8346X_3+20.6657X_{12}-4.0705X_{16}$	22.06	1 660.3	82.0
2	$Z=X_3+0.1521X_4+3.2895X_5+2.7306X_{12}$	23.26	292.0	87.0
3	$Z=X_2+26.8610X_5+21.7050X_{12}$	31.37	2 219.0	86.0
4	$Z=X_3+3.0408X_5+2.6479X_{12}$	31.31	270.6	87.0
5	$Z=X_4+15.5323X_5+11.1452X_{12}$	31.11	1 114.5	86.0
6	$Z=X_3+0.0410X_{13}+0.1717X_{15}$	23.37	56.3	84.0
7	$Z=X_{14}-0.0974X_{13}+0.2275X_{16}$	25.53	135.7	84.0
8	$Z=X_3+3.8704X_5+3.8613X_{12}+0.5506X_{14}$	23.36	420.2	86.0
9	$Z=X_1+28.6343X_5$	40.49	1 451.5	85.0
10	$Z=X_3+0.1755X_{15}$	35.40	55.6	84.0
11	$Z=X_{12}+0.4548X_{14}$	45.07	95.7	84.0
12	$Z=X_5+0.7629X_{12}$	47.04	70.1	86.0
13	$Z=X_3+1.0144X_{12}$	43.34	84.2	83.0
14	$Z=X_5+0.9448X_{12}+0.1726X_{14}$	31.38	98.7	85.0
15	$Z=X_4+10.0409X_{12}+4.8668X_{14}$	29.83	1 052.1	84.0
16	$Z=X_5-0.3094X_7+0.8343X_{12}$	31.32	66.4	87.0
17	$Z=X_5+0.2957X_{14}$	41.86	77.4	85.0
18	$Z=X_5+0.4505X_6+0.8694X_{12}$	31.60	91.5	86.0

（刘武，1989）

表 1—5—14　　桡骨性别判别函数

编　号	判别函数	临界值	判别率（%）
1	$Z=X_{17}+4.1337X_{19}+26.873X_{21}+4.8344X_{26}$	1 032.0	81.0
2	$Z=X_{18}+33.8196X_{20}+1.4245X_{22}+8.5855X_{26}$	1 257.0	84.0
3	$Z=X_{18}+32.8028X_{20}+7.8119X_{24}+2.6423X_{23}$	1 326.2	83.0
4	$Z=X_{18}+39.9757X_{20}+4.6491X_{23}+8.5707X_{26}$	1 332.6	84.0
5	$Z=X_{20}-0.0561X_{23}+0.1649X_{24}+0.1635X_{26}$	31.6	86.0
6	$Z=X_{18}+34.1487X_{21}+5.7681X_{23}+6.0914X_{26}$	1 1147.2	81.0
7	$Z=X_{24}-0.3511X_{23}+1.8230X_{23}+0.7882X_{26}$	182.3	82.0
8	$Z=X_{17}+4.1188X_{19}+7.7963X_{23}$	821.8	83.0
9	$Z=X_{18}+30.7165X_{21}+6.6715X_{26}$	1 043.3	81.0
10	$Z=X_{20}+0.1573X_{23}+0.2064X_{26}$	28.3	85.0
11	$Z=X_{23}+1.9797X_{25}+1.1052X_{26}$	175.3	84.0
12	$Z=X_{24}+1.9868X_{25}+0.8263X_{26}$	197.6	82.0
13	$Z=X_{20}+0.2326X_{25}$	33.5	84.0
14	$Z=X_{21}+0.3675X_{23}$	23.0	81.0
15	$Z=X_{23}+0.6587X_{26}$	87.1	84.0
16	$Z=X_{21}+0.2096X_{24}$	28.1	82.0
17	$Z=X_{21}+0.2315X_{26}$	27.8	84.0
18	$Z=X_{21}+0.4117X_{22}$	25.7	83.0
19	$Z=X_{17}+24.6424X_{21}+11.0147X_{22}$	864.6	83.0
20	$Z=X_{17}+27.3994X_{21}+5.7248X_{26}$	958.0	82.0

表 1—5—15　　尺骨性别判别函数

编　号	判别函数	临界值	判别率（%）
1	$Z=X_{28}+2.0809X_{29}+4.2090X_{34}+1.8251X_{35}$	414.3	80.0
2	$Z=X_{28}+2.1193X_{30}+1.9073X_{35}+0.5668X_{36}$	356.3	80.0
3	$Z=X_{28}+1.0325X_{30}+8.7199X_{32}+4.3600X_{34}$	421.0	83.0
4	$Z=X_{27}+4.4325X_{34}+2.5879X_{35}+0.8117X_{36}$	468.7	80.0
5	$Z=X_{27}+4.6342X_{30}+4.5542X_{34}$	436.5	81.0
6	$Z=X_{28}+9.3444X_{32}+4.3157X_{34}$	403.7	84.0
7	$Z=X_{28}+8.9541X_{32}+0.9556X_{36}$	339.3	81.0
8	$Z=X_{28}+2.6246X_{29}+8.9718X_{32}$	356.3	85.0
9	$Z=X_{28}+8.5800X_{32}+0.8285X_{35}$	338.9	82.0

续表

编　号	判别函数	临界值	判别率（%）
10	$Z=X_{23}+2.8036X_{29}+3.9139X_{34}$	342.0	81.0
11	$Z=X_{28}+1.5751X_{30}+8.9955X_{32}$	343.3	82.0
12	$Z=X_{28}+4.4142X_{34}+2.3858X_{35}$	404.2	82.0
13	$Z=X_{29}+4.3424X_{32}+1.7979X_{34}$	106.1	80.0
14	$Z=X_{27}+11.0098X_{32}$	358.4	81.0
15	$Z=X_{26}+2.3243X_{29}+8.5105X_{32}+4.1521X_{34}$	434.2	84.0
16	$Z=X_{27}+3.2133X_{29}+9.9888X_{32}+4.3495X_{34}$	499.7	82.0
17	$Z=X_{27}+4.2455X_{34}$	324.8	83.0
18	$Z=X_{27}+11.6188X_{32}+4.7654X_{34}$	467.0	83.0

表 1—5—16　上肢骨逐步判别函数

判别函数	判别率（%）
肱骨＋桡骨	
$Y_1=-2.1815X_9+2.6059X_{12}+1.8525X_{14}+4.6989X_{21}+3.4777X_{23}+0.2786X_{23}-230.5567$	91.0
$Y_2=-1.8833X_9+2.1440X_{12}+1.7151X_{14}+3.2420X_{21}+2.8442X_{23}+0.5174X_{23}-181.6672$	
肱骨＋尺骨	
$Y_1=4.7134X_5+2.2008X_{12}+1.0683X_{28}+2.8078X_{34}-293.2463$	90.0
$Y_2=4.2292X_5+1.8880X_{12}+0.9988X_{28}+2.3969X_{34}-238.4345$	
桡骨＋尺骨	
$Y_1=5.2454X_{21}+5.3981X_{22}+2.3895X_{23}+1.1795X_{28}+2.0161X_{29}+0.7763X_{32}+1.9576X_{34}-0.5460X_{36}-276.7045$	90.0
$Y_2=4.4396X_{21}+4.9392X_{22}+1.8178X_{23}+1.1170X_{28}+1.7731X_{29}-0.0624X_{32}+1.6785X_{34}-0.3205X_{36}-222.8536$	
肱骨＋桡骨＋尺骨	
$Y_1=6.7492X_3-4.0741X_9+2.5748X_{12}+3.8344X_{21}+5.8158X_{23}+0.0238X_{28}+1.1744X_{28}+0.3688X_{32}+2.5135X_4-399.0518$	92.0
$Y_2=6.3353X_3-3.6880X_9+2.0977X_{12}+2.1001X_{21}+4.8546X_{23}+0.4138X_{25}+1.1216X_{28}-0.3207X_{32}+2.1971X_{34}-325.2442$	

（二）肩胛骨的性别判别

肩胛骨具有较明显的性别差异，对此，许多学者进行过研究。但就目前的研究情况看，主要是根据肩胛骨形态的大小，即男性肩胛骨的各种直线测量值一般较大，而女性的较小。介于二者之间的，一般难以做出正确判定。

埴原和郎等就右侧肩胛骨测量了 5 项指标：

肩胛形态宽（X_1）：肩胛上角最上点到下角最下点之间的距离。以肩胛骨形态长与水平面符合时作为标准位置，据此以确定最上、最下点。

肩胛形态长（X_2）：肩胛骨关节盂中点到脊缘点的直线距离。脊缘点的确定方法：以肩胛冈内侧端两唇作为两边，构成一角，平分此角的直线与脊柱缘的交点即为脊缘点。

肩胛冈长（X_3）：脊缘点到肩峰最远点的直线距离。

关节盂长（X_4）：关节盂缘最上点到最下点的直线距离。

关节盂宽（X_5）：与盂长垂直的关节盂最大宽度。

对测量值进行判别分析后，得出 3 个判别方程（表 1—5—17）：

表 1—5—17　肩胛骨性别的判别方程　（单位：mm）

判别方程	临界值（Z_0）	误判率（%）
$Z=X_1+6.3352X_3+12.6642X_4+10.9914X_5$	1 660.1667	3.18
$Z=X_1+1.8988X_3+11.9217X_4$	782.1019	4.01
$Z=X_1+1.3502X_2+10.9398X_4$	634.7529	4.36

如 $Z>Z_0$，则判定肩胛骨为男性；反之判定为女性。

例：某例右肩胛骨，肩胛骨形态宽为 152.1mm，肩胛冈长为 142.2mm，关节盂长为 35.6mm，关节盂宽为 27.7mm。将上述各测量值代入判别方程：

$$Z = 152.1+6.3352\times142.2+12.6642\times35.6+10.9914\times27.7$$
$$=1\ 808.2727$$

因 1 808.2727>1 660.1667，故该肩胛骨为男性的。

任光金（1987）对青岛地区出土的已知性别成人干燥肩胛骨 84 例（男性 66 例，女性 18 例）进行了 12 项测量，从中挑选出男女差异较明显的四个变量：肩胛形态宽（X_1）、肩胛宽（肩胛形态长）（X_2）、肩胛冈长（X_3）和关节盂长（X_4）。根据 Fisher 法进行判别分析，得出 5 个判别方程（表 1—5—18）：

如果 $Z>Z_0$，则判定肩胛骨为男性；反之为女性。

例：同上例肩胛骨测量数据，代入方程：

$Z=-152.1+37.4303\times142.2+84.8120\times35.6=8\ 189.7959$

因 8 189.7959>7 544.7472，故该肩胛骨为男性的。

表 1—5—18　肩胛骨性别的判别方程　(单位：mm)

判别方程	临界值 (Z_0)	判别率 (%)
$Z=X_3+2.2835X_4$	205.9992	97.62
$Z=X_1+5.4659X_4$	330.9832	96.43
$Z=X_2+0.6539X_3$	180.4363	92.89
$Z=-X_1+1.7816X_2+1.8249X_4$	91.4860	96.43
$Z=X_1+37.4303X_3+84.8120X_4$	7 544.7472	97.62

（三）下肢长骨的性别判别

刘武等（1989）对在长春地区收集的成人下肢骨进行了多项线性测量，然后采用 Fisher 判别分析法和逐步判别分析法建立了多项下肢骨性别判别函数，判别率最高可达 96.3%。现介绍如下。

1. 下肢长骨性差的测量项目

股骨的测量项目取 17 项，胫骨取 12 项，腓骨取 8 项。如表 1—5—19 所示。

2. 下肢骨性别判别函数如表 1—5—20。

3. 下肢骨逐步性别判别函数如表 1—5—21。

4. 判别　Z 值大于临界值判定为男性，反之为女性。$Y_1>Y_2$ 判定为男性，反之为女性。

表 1—5—19　下肢长骨性差测量项目*　(mm)

股骨		胫骨		腓骨	
变量 X	项目	变量 X	项目	变量 X	项目
X_1	最大长	X_{18}	最大长	X_{30}	最大长
X_2	生理长	X_{19}	内侧髁踝长	X_{31}	小头外踝长
X_3	转子全长	X_{20}	外侧髁踝长	X_{32}	上端宽
X_4	体中部矢径	X_{21}	上段宽	X_{33}	下端宽
X_5	体中部横径	X_{22}	下段宽	X_{34}	中部最大径
X_6	体中部周长	X_{23}	下段矢径	X_{35}	中部最小径
X_7	体上部横径	X_{24}	上内矢径	X_{36}	中部周长
X_8	体上部矢径	X_{25}	上外矢径	X_{37}	体最小周长
X_9	体下部最小矢径	X_{26}	滋养孔处横径		
X_{10}	体下部横径	X_{27}	滋养孔处矢径		
X_{11}	上端宽	X_{28}	滋养孔处周长		

续表

股骨		胫骨		腓骨	
变量X	项目	变量X	项目	变量X	项目
X_{12}	头垂径	X_{29}	体最小周长		
X_{13}	头矢径				
X_{14}	头最大径				
X_{15}	上髁宽				
X_{16}	外髁长				
X_{17}	内髁长				

* 各测量项目的测量标准参见本节末的附录2。

表1—5—20 下肢骨性别判别函数 (mm)

编号	判别函数	临界值	判别率(%)
1	$Z=X_1+0.5312X_6+6.9691X_{11}+5.7888X_{13}-3.4722X_{16}$	1 309.1	87.9
2	$Z=X_3-1.0875X_6+9.5904X_{11}+13.0077X_{12}+4.2770X_{15}$	3 032.9	87.2
3	$Z=0.1300X_2-0.3225X_6+1.9159X_8+X_{11}+0.5392X_{15}$	203.6	87.2
4	$Z=X_1-0.8186X_2+2.3556X_8+1.3640X_{11}$	258.4	86.5
5	$Z=X_1+10.9605X_8+6.9846X_{11}+7.2925X_{14}$	1 621.2	87.9
6	$Z=X_{11}+1.0152X_{13}+0.0430X_{16}+0.3997X_{17}$	157.3	85.1
7	$Z=X_6+10.1281X_8+5.6270X_{16}$	648.7	83.7
8	$Z=X_1+6.6819X_8$	582.8	83.0
9	$Z=X_3+3.5559X_6$	671.6	82.3
10	$Z=1.4832X_8+X_{11}$	126.1	84.4
11	$Z=X_{21}+1.0478X_{22}+0.9194X_{28}-0.9236X_{25}$	132.7	82.2
12	$Z=X_{19}+35.9836X_{21}+24.9689X_{22}-3.8189X_{29}$	3 728.5	83.0
13	$Z=X_{19}+34.2655X_{21}-0.9113X_{24}$	2 648.9	82.2
14	$Z=X_{21}+0.6850X_{22}-0.1083X_{23}$	97.4	82.2
15	$Z=X_{21}-0.0404X_{24}+0.7860X_{26}$	83.6	82.2
16	$Z=X_{22}+0.8538X_{28}-0.5960X_{29}$	77.5	83.0
17	$Z=X_{22}+0.3461X_{23}+1.3843X_{26}$	87.4	81.5
18	$Z=X_{22}+0.6510X_{23}-0.1224X_{24}$	94.3	82.2
19	$Z=X_{31}+10.4576X_{33}+1.8300X_{37}$	622.0	79.0
20	$Z=X_{30}+9.7078X_{33}$	547.3	78.2
21	$Z=X_{32}+2.7774X_{33}+4.8672X_{35}$	131.7	79.8
22	$Z=X_{33}+0.3336X_{34}$	26.9	77.3

表1—5—21　　下肢骨逐步性别判别函数

判别函数	判别率(%)
股骨＋胫骨	
$Y_1=3.1389X_8-1.5022X_9+2.2164X_{11}+2.2376X_{15}+2.6575X_{21}+3.1617X_{22}+2.3831X_{26}-1.1892X_{29}-375.5147$	96.3
$Y_2=2.6260X_8-1.1986X_9+1.9726X_{11}+1.9652X_{15}+2.3592X_{21}+2.8065X_{22}+1.7909X_{26}-0.9646X_{29}-293.8074$	
股骨＋腓骨	
$Y_1=2.1253X_1-1.7639X_2+2.1092X_{11}+0.4199X_{12}-3.5336X_{13}+6.5727X_{14}+1.4310X_{30}-0.7430X_{31}+1.5829X_{33}+4.2652X_{35}-420.4198$	92.4
$Y_2=1.8643X_1-1.5208X_2+1.8309X_{11}+0.7203X_{12}-2.9017X_{13}+5.3018X_{14}+1.0572X_{30}-0.3948X_{31}+1.2395X_{33}+3.4018X_{35}-346.3106$	
胫骨＋腓骨	
$Y_1=2.7680X_{21}+0.7097X_{26}+0.6298X_{30}+1.3831X_{32}-234.7171$	87.4
$Y_2=2.1982X_{21}+0.4471X_{26}+0.5904X_{30}+1.1739X_{32}-192.8335$	

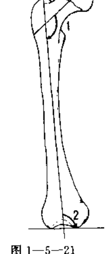


图1—5—21
1. 股骨颈体角；
2. 股骨髁体角

股骨的性别差异，除上述观测指标以外，还有两个角度值得注意。

股骨颈体角：即股骨骨干轴与股骨前颈轴所呈之钝角。可在附加钢丝圈的测骨盘上拉线代表此两轴，然后测其交角。此角之平均值，男性约132.1°，女性约127.7°（图1—5—21）。

股骨髁体角：股骨骨干轴与股骨内外侧髁下面远端切线所成之钝角。此角之平均值，男性约100°，女性约104°（图1—5—20）。股骨后面朝下放在测骨盘上，两髁下面抵住横壁，测量代表骨干轴的线与横壁所交的角度。

【附录1】　上肢长骨的测量项目（单位mm）

X_1（最大长）：肱骨头最上点到滑车最下点的直线距离。将肱骨平放于测骨盘上，肱骨头抵住测骨盘横壁，用角板抵住滑车最下点，然后紧贴测盘底板并使下端左右移动，以测得最大的长度。

X_2（全长）：肱骨头最上点到小头最下点的距离。使肱骨长轴与测骨盘的长轴平行。

X_3（上端宽）：肱骨头关节面最向内侧的点到大结节最向外侧突出之点的距离。以骨的前面朝下放在测骨盘上，使肱骨头及内上髁的内侧面与盘的直壁相触，以角板与大结节相触。

X_4（下端宽）：外上髁的最向外突的一点到内上髁最内突点的距离。

X_5（头最大横径）：肱骨头两侧最突出点间的直线距离。

X_6（头最大矢径）：肱骨头软骨缘最高点与最低点之间的直线距离。

X_7（体中部最大径）：骨中点以肱骨最大长为准。

X_8（体中部最小径）：位置同上。

X_9（中部横径）：肱骨骨干中部外侧面与内侧面之间的直线距离。

X_{10}（中部矢径）：肱骨骨干中部前面与后面之间的直线距离。

X_{11}（滑车宽）：在肱骨下端下面，滑车内侧缘中点与滑车外侧缘中点之间的直线距离。

X_{12}（滑车与小头宽）：滑车内侧缘中点到小头外侧缘中点的直线距离。

X_{13}（滑车矢径）：滑车内侧缘最前点到最后点的距离，应与骨的长轴垂直。

X_{14}（头周长）：沿肱骨头软骨界用软尺测量。

X_{15}（中部周长）：肱骨骨干中部的周长。

X_{16}（体最小周径）：三角肌结节稍下方处的骨干最小周长。

X_{17}（最大长）：桡骨头最上端到茎突尖的距离，不必考虑骨的长轴。

X_{18}（生理长）：桡骨小头上面的桡骨小头凹最深点至桡骨下端内侧腕关节面最凹点之间的直线距离。

X_{19}（下端宽）：桡骨下端内外侧最突出点之间的投影距离。将桡骨前面向下，置于测骨盘上，桡骨下端的外侧最突出点紧靠纵壁，使桡骨下半部骨干轴与纵壁平行，角板抵及内侧最突出点，即可测得桡骨下端宽。

X_{20}（小头横径）：桡骨小头环状关节面内外侧面之间的直线距离。

X_{21}（小头矢径）：桡骨小头环状关节面前后面之间的直线距离。

X_{22}（骨干横径）：骨体的最大径，在骨间嵴最发达处。

X_{23}（骨干矢径）：在测横径的同一水平测矢径，应与横径垂直。

X_{24}（骨干周长）：桡骨骨干中部的周长。即桡骨骨干中部横径与桡骨骨干中部矢状径的部位。

X_{25}（小头周长）：桡骨小头环状关节面的周长。

X_{26}（体最小周长）：在骨体中点下方最细处。

X_{27}（最大长）：天骨鹰嘴最高点到茎突最低点的距离。

X_{28}（生理长）：喙突上面纵嵴的最低点到尺骨下关节面的最低点。

X_{29}（上部横径）：桡骨切迹最低点至尺骨尺侧面（内侧面）之间的左右径。与尺骨上部矢状径相垂直。

X_{30}（上部矢径）：与尺骨上部横径同一部位并与之垂直的前后径。

X_{31}（骨干横径）：在骨体上三分之一段的骨间嵴最发达处用直脚规测量骨体的最大横径。

X_{32}（骨干矢径）：在骨体横径的同一水平测量，且与之垂直。

X_{33}（鹰嘴宽）：鹰嘴的最大宽。测量时，直脚规主尺应与半月切迹上纵嵴的平面保持垂直。

X_{34}（鹰嘴深）：鹰嘴的尖端与鹰嘴背侧面之间的投影距离。此项应投影于与上骨干轴成直角的平面上。

X_{35}（骨干周长）。

X_{36}（体最小周长）：在下端附近骨体最细处用软尺测量。

【附录 2】　下肢长骨性差测量项目（单位 mm）

（X_1—X_{17}股骨　X_{18}—X_{29}胫骨　X_{30}—X_{37}腓骨）

X_1（最大长）：将股骨下端抵住测盘横壁，用角板抵住股骨头顶端，移动股骨头以测得股骨最大长。股骨干不必与测骨盘直壁平行。

X_2（生理长）：将股骨两髁的下面紧靠测骨盘的横壁，角板抵住股骨头上端。此时股骨体位置不与直壁平行。整个股骨投影到直壁上的长度即为生理长。

X_3（转子全长）：股骨大转子最高点至接触内外侧髁下面的平面之间的直线距离。将股骨前面向上置于测骨盘上，内外侧髁接触横壁，然后用角板抵住大转子最高点，测量其间的距离。

X_4（体中部矢径）：骨体中部的最大矢径，不一定恰在中点处。

X_5（体中部横径）：与矢径在同一水平，且与之垂直。

X_6（体中部周长）：与上两径在同一水平。

X_7（体上部横径）：股骨体上部向两侧最扩展处的横径，如没有这种扩张部，则在小转子基部下方约 3～5cm 处骨体最扁平处测量。注意此横径应与颈轴在同一平面。

X_8（体上部矢径）：在上部横径的同一水平测量，且与之垂直。

X_9（体下部最小矢径）：在髌面上方大约 4cm 处测量其正中最小矢径。

X_{10}（体下部横径）：与上一测径在同一水平，且与之垂直。

X_{11}（上端宽）：股骨头颈轴在股骨外侧缘的终点与此轴在股骨头上的顶点之间的距离。测量时，先以目测法纵向二等分股骨颈和股骨头，然后沿此等分线用胶布将一根黑色丝线贴于股骨颈与股骨头的前面。

X_{12}（头垂径）：股骨头最高点与最低点之间的距离，测量时，测量者应面对股骨头凹。

X_{13}（头矢径）：股骨头前后方最突出两点之间的距离，测量时，此径应与股骨头垂直径相垂直。

X_{14}（头最大径）：股骨头横向或矢向的最大径。

X_{15}（上髁宽）：内外二上髁侧面之间的宽度。以两髁后面朝下放在测骨盘上，下面紧靠横壁，内髁紧靠直壁，角板抵住外髁最凸起处，即可读出所需数值。

X_{16}（外髁长）：与股骨长轴垂直的最大矢径。

X_{17}（内髁长）：与股骨长轴垂直的内髁最大矢径。

X_{18}（最大长）：用横壁带有椭圆形孔的测骨盘测量。将胫骨髁间隆起放在孔内，两髁的外围部分抵住横壁，用角板抵住内踝下端，使骨的长轴与直壁平行。

X_{19}（内侧髁踝长）：内髁上关节面最深点到内踝尖端的距离。

X_{20}（外侧髁踝长）：胫骨外侧髁上面的最高点至内踝尖端的距离。将胫骨后面向下置于测骨盘上，骨的长轴应与测骨盘的纵壁平行，内踝尖端抵住横壁，用角板抵住外侧髁上面的最高点。

X_{21}（上段宽）：内外髁最向外凸点之间的距离。用测骨盘测量。

X_{22}（下段宽）：内踝最向内突的点到骨下段外面的距离。测量时骨的后面向下，长轴与盘的长轴一致，腓骨切迹两缘抵于直壁，以角板与内踝相抵。

X_{23}（下段矢径）：与骨下段的长轴、下段宽都垂直的下段最大矢径。

X_{24}（上内矢径）：上内侧关节面前缘到后缘的距离。

X_{25}（上外矢径）：上外侧关节面前缘到后缘的距离。

X_{26}（滋养孔处横径）：在滋养孔下缘处，自胫骨骨间嵴至胫骨内侧面的水平直线距离。

X_{27}（滋养孔处矢径）：在滋养孔下缘处，自胫骨前嵴至胫骨后面的水平直线距离。

X_{28}（滋养孔处周长）：在滋养孔下缘处测量。

X_{29}（体最小周长）：通常在骨的下三分之一段，骨前嵴开始消失处的骨的最细处。

X_{30}（最大长）：小头尖的最高点与外踝最低点间的距离。

X_{31}（小头外踝长）：腓骨小头最高点至外踝关节面最低点之间的距离。

X_{32}（上端宽）：小头向内外侧最突出点之间的距离。

X_{33}（下端宽）：外踝向内外侧最突出点之间的距离。

X_{34}（中部最大径）：通常在前嵴和外侧嵴之间。

X_{35}（中部最小径）：通常在内侧嵴和外侧嵴之间。

X_{36}（中部周长）：腓骨骨干中部的周长。

X_{37}（体最小周长）：在上端稍下处用软尺测量腓骨的最小周长。

（李春彪）

第五节　其他人群的骨骼性别判定

一、颅骨的性别判别

（一）日本人的颅骨性别鉴别

Hanihara（1959）就日本人颅骨的性别进行判别函数分析，采用了以下 9 个测量项目：*

X_1	颅长	X_6	下颌角间宽
X_2	颅宽	X_7	下颌联合高
X_3	颅高	X_8	下颌支高
X_4	面宽	X_9	下颌支最小宽
X_5	上面高		

其结果如表 1—5—22 所示。所得判别函数值大于表中所列临界值者判断为男性，小于临界值者为女性。其误判率约为 10.3—16.9%。主要在一些较宽或较低的颅盖误差较大。

（二）美国白人、黑人及日本人的颅骨性别鉴别

Giles（1970）也应用判别函数分析法研究了美国白人、黑人与日本人的颅骨性别鉴别。其测量项目及判别函数如表 1—5—23 及 1—5—24 所示。日本人所用的测量项目较白人及黑人为少。所得函数值小于临界值为女性。

* 测量标准：X_1—X_5 见本章第二节附录，其余见本节末附录。

表 1—5—22　　　　日本人颅骨判别函数

	判别函数公式	临界值	判别率
颅骨	$Y=X_1+2.6139X_3+0.9959X_4+2.3642X_7+2.0552X_8$	850.6571	89.7
	$Y=X_1+2.5192X_3+0.5855X_4+0.6607X_6+2.7126X_8$	807.3989	89.2
	$Y=X_1+0.7850X_4+0.4040X_6+1.9808X_8$	428.0524	86.4
	$Y=X_1+2.5602X_3+1.0836X_4+2.6045X_8$	809.7200	88.9
	$Y=X_1+2.2707X_3+1.3910X_4+2.7075X_7$	748.3422	88.8
颅盖	$Y=X_1-0.0620X_2+1.8654X_3+1.2566X_4$	579.9567	86.4
	$Y=X_1+0.2207X_2+1.0950X_4+0.5043X_5$	380.8439	83.1
下颌骨	$Y=X_6+2.2354X_7+2.9493X_8+1.6730X_9$	388.5323	85.6

表 1—5—23　　　　美国白人颅骨判别函数

测量项目 (mm)	判别函数					
	1	2	3	4	5	6
颅长	3.107	3.400	1.800		1.236	9.875
颅宽	−4.643	−3.833	−1.783		−1.000	
颅高	5.786	5.433	2.767			
颅底点至鼻根点高		−0.167	−0.100	10.714		7.062
面　宽	14.821	12.200	6.300	16.381	3.291	19.062
颅底点至上牙槽前缘点	1.000	−0.100		−1.000		−1.000
上面高	2.714	2.200		4.333		4.375
外侧上颌宽	−5.179			−6.571		
乳突长	6.071	5.367	2.833	14.810	1.528	
临界值	2 676.39	2 592.32	1 296.20	3 348.27	536.93	5 066.69
判别率	86.6	86.4	86.4	84.5	85.5	84.9

（三）美国白人与黑人的下颌骨性别鉴别

Giles（1970）就美国白人与黑人下颌骨的 8 个测量项目，用判别函数分析法研究了其性别鉴别的可能性。其测量项目及判别函数如表 1—5—25 所示。所得函数值小于临界值为女性。其判断正确率约为 87%，若与颅骨其余部分联用可提高正确率 3%。

表 1—5—24　　美国黑人与日本人颅骨判别函数

测量项目	判别函数							
	美国黑人				日本人			
	1	2	3	4	5	6	7	8
颅长	9.222	3.895	3.533		2.111	2.867	1.000	1.000
颅宽	7.000	3.632	1.667		1.000		−0.062	0.221
颅高	1.000	1.000	0.867				1.865	
颅底点至鼻根点高		−2.053	0.1000	1.000		−0.100		
面宽	31.111	12.947	8.700	19.389	4.963	12.367	1.257	1.095
颅底点至上牙槽前缘点	5.889	1.368		2.778		−0.233		
上面高	20.222	8.158		11.778		6.900		0.504
外侧上颌宽	−30.556			−14.333				
乳突长	47.111	19.947	14.367	23.667	8.037			
临界值	8 171.53	4 079.12	1 515.91	3 461.46	1 387.72	2 568.97	597.96	380.84
判别率	87.6	86.6	86.5	87.5	85.3	85.0	86.4	83.1

表 1—5—25　　美国黑人与白人下颌骨判别函数

测量项目* (mm)	白人			黑人		
	1	2	3	1	2	3
联合高	1.390	22.206	2.862	1.065	2.020	3.892
体高		−30.265			−2.292	
体长		1.000	2.540		2.606	10.568
体厚			−1.000			−9.027
下颌支最小宽			−5.954			−3.270
下颌支最大宽			1.483			1.000
支高	2.304	19.708	5.172	2.105	3.076	10.486
下颌角间宽	1.000	7.360		1.000	1.000	
临界值	287.43	1 960.05	524.79	265.74	549.82	1 628.79
判别率	83.2	85.9	84.1	84.8	86.9	86.5

※测量标准见本节末附录。

二、髋骨与骶骨的性别判别

（一）日本人、美国白人及黑人的髋骨性别鉴别

Kimura（1982）就日本人（男52，女51）、美国白人（男50，女52）及黑人（男49，女48）的骨盆的性别鉴别进行判别函数分析。其3项测量项目如下：

耻骨长（X_1）：自髋臼最近点至耻骨联合的最上点

坐骨长（X_2）：自髋臼最远点至坐骨结节的最下点

髂骨宽（X_3）；自髂前上棘的最前点至髂后上棘的最后点

判别函数分析结果如表1—5—26。Kimura认为骨盆的性别差异眼观形态要比大小计测更为明显。各种组合中以耻骨长与坐骨长联合应用为最佳，以耻骨长与髂宽联合应用者为最差。

表1—5—26　　髋骨性别鉴别的判别函数

测量项目	群体	判别函数	临界值	判别率
$X_1+X_2+X_3$				
	日本人	$Y=X_1-1.655X_2+0.192X_3$	57.136	96.7
	白种人	$Y=X_1-1.412X_2+0.122X_3$	27.750	94.3
	黑种人	$Y=X_1-1.412X_2+0.145X_3$	−19.270	95.6
X_1+X_2				
	日本人	$Y=X_1-1.325X_2$	53.031	96.5
	白种人	$Y=X_1-1.244X_2$	30.166	94.2
	黑种人	$Y=X_1-0.904X_2$	23.095	95.5
X_2+X_3				
	日本人	$Y=X_2-0.317X_3$	60.174	94.4
	白种人	$Y=X_2-0.283X_3$	36.089	91.0
	黑种人	$Y=X_2-0.397X_3$	−32.162	90.8
X_1+X_3				
	日本人	$Y=X_1-0.439X_3$	−2.478	79.1
	白种人	$Y=X_1-0.539X_3$	3.693	74.2
	黑种人	$Y=X_1-0.372X_3$	5.875	77.2

（二）日本人、美国白人及黑人的骶骨性别鉴别

Kimura（1982）提出一个简单方法，利用骶骨的骶—翼指数（base-wing index）进行性别判断。其所用测量指标如下：（图1—5—22）

X_1 骶骨底宽（底横径）

X_2 骶骨翼宽（底的侧缘至翼的最外缘）

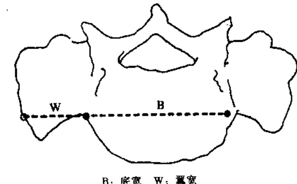
X_3 底一翼指数＝翼宽×100/底宽

其结果如表1—5—27所示。以判别函数值大于临界值者为男性。

表1－5—27 骶骨的性别鉴别

测量项目	性别	日本人 m	日本人 S.D.	白种人 m	白种人 S.D.	黑人 m	黑人 S.D.
X_1	男	50.0	4.46	48.9	3.99	48.8	4.47
	女	45.1	3.64	43.6	3.81	43.6	3.36
X_2	男	32.7	4.03	37.0	4.74	32.3	4.59
	女	35.7	2.57	40.0	3.93	37.5	4.56
X_3	男	65.8	10.10	76.2	10.87	66.7	15.30
	女	79.7	12.05	92.2	10.02	86.4	11.39

人群	判别函数公式	临界值	判别率
日本人	$Y=X_1-0.590X_2$	7.605	75.3
白种人	$Y=X_1-0.604X_2$	9.494	80.4
黑种人	$Y=X_1-0.782X_2$	7.364	82.7



B：底宽 W：翼宽

图1—5—22 骶骨的性别鉴别

(Kimura 1982)

三、股骨的性别判别

股骨有明显的性差，Krogman总结了Black（1978）、DiBennardo（1979，1982）、Iscan（1984）、Giles（1970）及Hanoihara（1958）的研究结果，美国白人、黑人及印第安人的性别鉴别如表1—5—28，其判别函数临界值为0，小于0可判断为女性；美国白人、日本人的股骨性别鉴别如表1—5—29，所得判别函数如小于临界值可判为女性。

表1—5—28 股骨的判别函数分析（一）

测量项目*	非标准系数	非标准系数
	美洲印第安人	
体中部周长	女性<81mm<男性	
判别率	85%	

续表

测量项目※	非标准系数	非标准系数
最大长	女性＜445.6mm＜男性	
判别率	89%	
	美国白人	美国黑人
体中部周长	女性＜86mm＜男性	女性＜86mm＜男性
判别率	84%	73%
头最大径	女性＜45mm＜男性	女性＜45mm＜男性
判别率	90%	90%
上髁宽	0.25687	0.26348
常　数	−20.18791	−20.59186
判别率	89%	87%
上髁宽	0.10507	0.13989
头最大径	0.27902	0.23757
常数	−20.8846	−18.92287
判别率	91%	94%
头最大径	0.36514	0.42087
体中部横径	0.14386	0.00595
常数	−20.50662	−18.92287
判别率	92%	91%
体中部横径	0.12099	0.06647
体中部周长	0.16287	0.15959
常数	−17.47056	−15.54956
判别率	85%	83%
上髁宽	0.10507	0.13989
头最大径	0.27902	0.23757
常数	−20.88446	−21.52515
判别率	91%	94%

※ 测量标准参见本章第四节附录2。

表 1—5—29　股骨的判别函数分析（二）

测量项目※	判别函数			
	白种人		日本人	
	右	左	右	左
功能长	1.00	1.00	1.00	1.00
头最大径	30.234	30.716	9.854	9.351
干最小横径	−3.535	−12.643	11.988	8.369
上髁宽	20.004	17.565	4.127	3.575
临界值	3 040.32	2 656.51	1 431.82	1 277.83
判别率	94.4	94.3	93.6	95.9

※　测量标准参见本章第四节附录 2。

四、胫骨的性别判别

Iscan 与 Miller-Shaivitz (1984) 发现在胫骨的两性差异形成中存在着种族的因素，这种差异在黑人的胫骨与股骨得到最明显的表现。Iscan 等就 4 个变量（最大长与在滋养孔水平所测的周长、矢径及横径）进行逐步判别分析，发现在黑人性别鉴识中最大长与骨干的大小都起作用；而在白种人，仅周长与矢径就已起到最佳的性别鉴识作用。为了便于对碎骨片的性别进行分析，Iscan 等进一步提出了一系列计算公式（表 1—5—30），发现仅上段宽一项测值即可达到最好的鉴别效果；其次为下段宽，其判断正确率为 80%。若为完整胫骨，判断正确率在白人为 87%，在黑人为 90%。表中所列函数以 0 为临界值，小于 0 为女性。

表 1—5—30　胫骨的性别鉴识

测量项目※	判别函数系数	
	白种人	黑种人
上段宽（mm）	女性<73；74<男性	女性<74；75<男性
判别率	87.3	86.3
滋养孔水平骨干周长（mm）	女性<91；92<男性	女性<95；96<男性
判别率	77.2	80.0
下段宽（mm）	女性<44；45<男性	女性<45；46<男性
判别率	84.8	80.0
上段宽	0.23460	0.25400

续表

测量项目*	判别函数系数	
	白种人	黑种人
下段宽	0.09773	0.01385
常数	−21.35923	−19.08374
判别率	84.8	90.0
下段宽	0.25418	0.17093
体最小周长	0.07209	0.12175
常数	−16.84382	−16.94451
判别率	79.8	88.8
最大长	−0.00162	0.00247
上段宽	0.28795	0.25109
常数	−20.14831	−19.19673
判别率	84.8	90.0
上段宽	0.23541	0.24019
滋养孔水平骨干周长	0.04210	0.01970
常数	−20.79471	−19.32619
判别率	86.1	90.0
最大长	−0.01019	−0.00161
上段宽	0.20804	0.23173
下段宽	0.08792	0.00904
滋养孔水平骨干周长	0.05585	0.01716
常数	−20.42235	−19.49878
判别率	84.8	88.8

*测量标准参见本章第四节附录 2。

【附录】 下颌骨测量指标

1. 下颌角间宽 两侧下颌角点（go）之间的距离，用直脚规测量。

下颌角点（gonion，go）：位于下颌角区的外面，是下颌体下缘与下颌支后缘相交处的最下最后和最向外突之点。当三个方面不能兼顾时，主要考虑向外突之处。若下颌角转折处成弧形弯曲，则可取下颌体下缘与下颌支后缘夹角的平分线与角区下颌缘相交之点。

2. 下颌联合高 下牙槽点（id）到颏下点（gn）的距离，用直脚规测量。

下牙槽点（infradentale，id）：在两中切牙间牙槽隔最向上向前之点。

颏下点（gnathion，gn）：在下颌骨下缘与正中矢状面相交之点。

3. 下颌支高　下颌支从髁突最高点到下颌角点（go）的高度。用直脚规测量，注意直脚规的主干与下颌支后缘平行，左右分别测量。

4. 下颌支最小宽　下颌支最小的前后径。用直脚规在下颌支前后缘之间最窄处测量。左右分别测量。

5. 下颌体高　用直脚规测颏孔处下颌体高。注意直脚规的主干与下颌基底缘垂直。

6. 下颌体长　由颏突的前缘到两侧下颌角点（go）连结中点的前后径。用下颌量角器测量。以活动板贴于两侧下颌支的后缘，使颏突与前挡板相触即测得由颏的最前点到下颌角点之间连线的垂直距离。

7. 下颌体厚　颏孔处下颌体最大厚度。用直角规测量。

8. 下颌支最大宽　下颌支最大的前后径。用直脚规在下颌支之间最宽处测量。

（贾静涛）

参考文献

1. 王德明，等。根据成人的耻骨缘支角和耻骨联合部宽高指数鉴定性别。中国法医学杂志　1987；2（3）：145。
2. 吴新智，等。中国汉族髋骨的性别差异和判断。人类学学报　1982；1（2）：118。
3. 陈世贤。法医骨学。第一版。北京：群众出版社，1980：163。
4. 张忠尧。女性耻骨背部凹痕与生育关系初探。人类学学报　1985；4（2）：139。
5. Ding SH, et al. Sexual diagnosis of Chinese crania from discriminant funetion analysis. Can Soc Forens Sci J 1989；22（2）：119.
6. 刘武，等。应用判别分析法判断胸骨性别的研究。中国法医学杂志　1988；3（2）：83。
7. McCormick WF. Sternal foramena in man. Am J Forens Med & Path 1981；2(3)：249.
8. McCormick WF. Ossification patterns of costal cartilages as an indicator of sex. Arch Phthol Lab Med 1983；107：206.
9. 任光金。寰椎的测量、相关与性别判别分析。沂水医专学报　1984；6（1）：11。
10. 刘武。上肢长骨的性别判别分析研究。人类学学报　1989；8（3）：231。
11. 任光金。肩胛骨性别的判别分析。人类学学报　1987；6（2）：145。
12. 刘武，等。下肢长骨的性别判别分析研究。人类学学报　1989；8（2）：145。
13. Krogman WM, Iscan MY. The human skeleton in forensie medicine. Springfield：Thomas，1986：189.
14. McCormick WF. Mineralization of the costal cartilages as an inelicator of age：Preliminary observation. J Forens Sci 1980；25：736.

15. Elkeles A. Sex differences in the calcification of the costal cartilages. J Am Geriatr Soc 1966; 14: 456.
16. King JB. Calcification of the costal cartilages. Br J Radiol 1939; 12: 2.
17. McCormick WF, et al. Sex determination from chest plate roentgenograms. Am J Phys Anthropo 1985; 68: 173.

第六章　根据骨骼推断年龄

第一节　概　　述

在法医学鉴定中，根据骨骼推断死者的年龄，这是个人识别的一项重要内容。鉴定年龄，可以根据尸体、尸体的一部分乃至尸骨来进行。

对于比较新鲜的尸体或碎尸，可以根据皮肤情况（主要是面部皮肤）、毛发分布、毛发颜色以及内脏器官的血管硬化情况等判定年龄。但由于个体差异很大，使得根据以上表现推断的年龄常有很大的误差。尤其是皮肤和面部软组织，由于死后表情消失，皮肤、肌肉松弛，因此推断出的年龄误差更大。

对于腐败尸体、火烧尸体以及白骨化的尸体，则只能根据残存的骨骼或牙齿鉴定年龄。

根据骨骼推断死者的年龄，不仅在法医学鉴定中，而且在人类学和考古学的研究中也具有十分重要的意义。但是，目前国内外根据骨骼推断年龄的方法仍然以大体形态的观察为主，鉴定结果还达不到十分精确的程度，其原因是多方面的。骨骼的年龄变化，与其本人的营养和健康状况有关。营养和健康状况好的人，其骨骼生长发育情况就远比从小营养不良或患有消耗性疾病的人为好。地理位置对人体骨骼生长发育也有影响。热带地区的人比温带地区的人发育早；温带地区的人比寒带地区的人发育早，大约各相差一年左右。另外，骨骼的年龄与性别有关，一般女性骨骼的年龄变化要略早于男性。在5—10岁之间相差约1年，10—15岁之间相差约2年，15—20岁之间相差约1年。由于这些影响因素的存在，使得同一年龄的骨骼，会出现不同的年龄特征；具有相同或相似年龄特征的骨骼，却属于不同的年龄。因此，根据骨骼判定年龄还达不到十分精确的程度。

有些学者认为，种族差异对骨骼年龄的影响不明显。所以，根据不同种族的骨骼研究出的判定骨骼年龄的方法可以互相参考使用。

根据骨骼推断年龄，目前主要有以下几个方面：

1. 骨化中心与骨骺愈合　骨骼的生长发育伴随着骨化中心的发生、发展和骨骺的愈

合，这使得根据骨化中心和骨骺愈合情况推断未成年骨骼的年龄成为可能。

2. 骨骼大小和长短　随着人体的生长、发育，作为人体支架的骨骼也随之而生长，由小到大，由短到长。所以，根据骨骼的大小或长短可以推断未成年人的年龄。

3. 骨的形态变化　由于骨的化学成分一生中都在随着年龄、生活条件及健康情况而不断地发展、变化，使得骨的物理性质也发生相应的变化。幼年时，骨组织中有机质较多，故弹性较大，硬度较小；成年时，骨组织中有机质与无机质配比相当（前者占 1/3，后者占 2/3），使骨质坚硬、光滑；老年时，骨组织中无机质较多，故脆性较大；骨质增生及吸收使骨组织呈退行性变。骨的这些形态变化成为根据骨骼推断成年人年龄的主要依据，如耻骨联合部、胸骨和硬肋末端的形态变化等。

4. 骨组织学改变　骨的组织结构一生中都在随着骨组织的成骨、改建和破骨过程而发生一系列变化，这些变化可以帮助我们推断年龄，尤其对某些大体形态观察法不甚适用的老年人骨骼更为适用。

（李春彪）

第二节　根据骨化中心的出现与骨骺的愈合推定年龄

一、骨化中心与骨骺愈合

骨化中心（ossification center）又称骨化核或骨化点。与推算年龄有关的主要指的是出生前、后在长骨两端软骨内新出现的次级骨化中心。在不同的长骨及在同一长骨两端出现骨化中心的年龄不同，但变化一致，都属于软骨内生骨，其主要的组织学所见是由原始的骨小梁连结成的网状构造即原始的骨松质。

骨化中心不断向四周扩展，使骺端软骨大部分被骨松质所取代。在靠近关节面留一层终生存在的关节软骨。在骨骺与骨干交界处，也保留一层软骨，是为骺板（epiphyseal plate），以供长骨继续生长。

骨骺愈合（epiphyseal union）又称骨骺闭合（epiphyseal closure），是到一定发育阶段，骺板完全被骨组织所代替，致骨骺与骨干结合在一起，使长骨停止发育，并在长骨的纵剖面上可见骺板的遗迹——骺线（epiphyseal line）。

通常骺板的愈合过程可分为 4 个阶段：

（1）未愈合：骨骺与骨干之间有明显的间隙，有软骨板相隔。死后骸骨其骨骺与骨干脱离，骨面留有波纹状凹凸花纹，其边缘呈锯齿状。

（2）开始愈合：骨骺与骨干之间裂隙变细小，锯齿状边缘逐渐消失；

（3）接近愈合：骨骺与骨干基本愈合，仅在骺干之间留下一条细的分界线，新鲜浸渍骨常呈微红色。

(4) 完全愈合：骨骺线成为骨性痕迹。应当注意与胫骨近端和股骨远端的骨膜附着线相区别。

有的作者在 (2) 与 (3) 之间尚增加一个积极愈合阶段 (McKern，Stewart，1957)。

根据骨化中心的出现情况与愈合的顺序判定婴儿至青春期年龄较为可靠，误差一般在二年以下。但宜以多种骨化中心及骨骺愈合为推测的依据。其中规律性较好的部位有：锁骨的胸骨端、髂嵴、股骨下端、股骨头、肱骨头、肱骨内上髁和桡骨下端等。

关于骨化中心的出现与愈合顺序在各种族、民族间有无差异，能否互为参考其有关资料，一直是学者们关注的问题。Д. г. Рохлин 以不同种族与民族的骨骼研究骨化中心的发育速度，得出如下结论：

(1) 骨骼的骨化顺序与速度在所研究的各种种族中是同一的；

(2) 在某些人群中表现有速度的特殊性，但其差别并不大。

(3) 同一国家中的不同种族间骨化速度是相同的；而同一种族的不同民族间也可能有所差异。种族并不是决定骨化速度的因素。

Krogman 在其著书中细致地分析了以往各家的意见后指出，用骨的发育速度判断骨龄，在种族之间并不存在由遗传所决定的本质差异，如有所差异，应认为是由于饮食、卫生状况等外部因素影响所致。著名的人类学家 Todd 就指出那些与骨发育速度有关的标准是关系整个人类的 (humanity linked)，并不是关系某个种族的 (race linked)。如果有的例子出现差别，应认为是个人的差异，应由其本人的内部及外部因素中找出差异的原因。

骨化中心与骨骺愈合情况的检查，除在白骨尸骸直接观察外，在保存完好的尸体主要靠 X 线检查 (本篇第十一章)。

二、中国人的骨化中心出现与骨骺愈合时期

吴汝康等根据张鋆 (1964)、张乃恕 (1963) 的研究资料，列出中国人 (男性) 出生后骨化中心出现与愈合时期如表 1—6—1。女性较男性稍早。

表 1—6—1　　中国人的骨化中心出现与愈合时期

骨骼部位	骨化中心出现	骨骺愈合	骨骼部位	骨化中心出现	骨骺愈合
			髋骨髋骨体		14—16
锁骨体			坐骨体		
胸骨端	18—20	22—25	耻骨体		
肩胛骨体			髋臼	12—19	20—25
喙突	1	18—24	耳状面	12—19	
肩峰突端	11—18		联合面	12—19	
关节盂	11—18		髂前下棘	12—19	
下角	11—18		髂嵴	12—19	
脊柱缘	11—18		坐骨结节	12—19	
			耻骨结节	12—19	
			髂耻隆突	12—19	

续表

骨骼部位	骨化中心出现	骨骺愈合
肱骨 头	出生—3月	15—17
大结节	7—9月	
小结节	2—4月	
体		
肱骨小头	3—5月	16—18
内上髁	6—8	
滑车	9—11	
外上髁	11—13	
尺骨 鹰嘴	9—11	15—17或16—18
体		
小头	6—8	
桡骨 小头	5—7	15—17或16—18
体	7—9	
下端		
腕骨 头状骨	2—3月	
钩骨	2—4月	
三角骨	2—4	
月骨	3—5	
舟骨	5—7	
大多角骨	5—7	
小多角骨	5—7	
豌豆骨	8—10	
掌骨 底（小头）	1—3	14—16
体		
指骨 底	1—3	14—16
体		

骨骼部位	骨化中心出现	骨骺愈合
股骨 头	3—5月	17—19（头、大转子、小转子、体、下端）；17—20
大转子	3—5	
小转子	9—11	
体		
下端	出生—5月	
髌骨	3—5	
胫骨 上端	出生—2月	16—18或17—20
体	4—6	
下端	3—5	
腓骨上端		16—18或17—20
体	10月—2	
下端		
跗骨 跟骨体	出生	
跟骨结节	6—12	
距骨	出生	
骰骨	出生—1月	
舟骨	9—11月	
第一楔骨	9—11月	
第二楔骨	9—11月	
第三楔骨	9—11月	
跖骨	2—6	17—19
趾骨	2—6	17—19

（表中未注明月者为岁）

三、骨化中心出现与骨骺愈合的顺序与年龄范围

为了掌握骨化中心的出现及骨骺愈合的时期，一些作者编制了骨化中心的出现与愈合的顺序表。如 Francis（1940）提出的白种人 5 岁以后骨化中心出现顺序（表 1—6—

2)。也有的列出时间范围简表便于查阅，如 Krogman (1955) 提出的 13—21 岁间骨骺愈合时间范围 (表 1—6—3)，Stewart (1954) 提出的 17—26 岁间骨骺愈合时间范围 (表 1—6—4) 等，均可供实际应用时参考。

表 1—6—2　　5 岁以后骨化中心出现顺序 (年：月)

骨化中心	男性	女性	骨化中心	男性	女性
肱骨内上髁	5：2	—	第五跖骨近端	11：0	8：7
尺骨下端	5：6	—	籽骨[(2)]	11：8	9：4
跟骨结节	6：2	—	第一肋骨结节	13：3	10：0
距骨骨骺	8：0	6：10	髂前上棘	13：4	9：3
肱骨滑车	8：4	7：2	第一胸椎横突	13：4	11：4
尺骨鹰嘴	8：8	6：8	肩胛骨肩峰	13：5	11：4
股骨小转子	9：4	7：7	髂嵴	13：5	12：0
豌豆骨	9：10	7：1	喙突	13：10	11：3
籽骨[(1)]	10：4	8：2	坐骨结节	15：0	13：2
肱骨外上髁	10：5	8：3	锁骨胸骨端	15：0+	14：6
胫骨粗隆	10：10	9：0			

(Francis, 1940)

注 (1) 籽骨即种子状骨 (sesamoid bone)，被包于肌腱或关节囊内的短骨。此处指拇短屈肌内的籽骨。
(2) 拇短屈肌内的籽骨。

表 1—6—3　　骨化中心的愈合年龄范围 (年：月)

骨化中心	年龄范围	骨化中心	年龄范围
肩胛骨		尺骨	
肩峰	18：0—19：0	上端	14：6—15：6
脊柱缘	20：0—21：0	下端	18：0—19：0
下角	20：0—21：0	手部	
锁骨		掌骨	15：6—16：6
胸骨端	25：0—28：0	近节指骨	15：0—16：0
肩峰端	19：0—20：0	中节指骨	15：0—16：0
肱骨		远节指骨	14：6—15：6
头	19：6—20：6	盆骨	
下端	14：0—15：0	骨体	13：0—15：0
内上髁	15：0—16：0	嵴	18：0—19：0
桡骨		粗隆	19：0—20：0
上端	14：6—15：6		

续表

骨化中心	年龄范围	骨化中心	年龄范围
下端	18：0—19：0		
股骨		腓骨	
头	17：0—18：0	上端	
大转子	17：0—18：0	下端	
小转子	17：0—18：0	跟骨骺	14：6—15：6
下端	17：0—18：6	足部	
胫骨		跖骨	15：0—16：0
上端	17：6—18：6	近节趾骨	14：6—15：6
下端	15：6—16：6	中节趾骨	14：0—15：0
		远节趾骨	14：0—15：0

(Krogman，1955)

表 1—6—4　　美国男性骨骺愈合时间范围

骨　骺	年龄（岁）
股、胫、腓骨骨骺	
与骨干分离	18 以下
与骨干连合	17—18
与骨干完全愈合	18 以上
桡骨与尺骨下端	
与骨干分离	19 以下
与骨干部分连合	18—19
与骨干连接且连接处明显易见	19—20
与骨干完全愈合	20 或以上
肱骨头	
与骨干分离	20 以下
与骨干部分连合	19—20
与骨干连接且连接处明显易见	20—21
与骨干完全愈合	21 或以上
髂嵴与椎板骨骺	
完全分离	20 以下
部分连接	19—20
完全愈合	20 或以上
坐骨结节	

续表

骨　骺	年龄（岁）
骺板分离	19 以下
骺板部分连接	18—19
骺板完全愈合	20 或以上
骶骨	
骶椎体各部全分离	20 以下
有小的骨化结节与中心相连	20—22
骨化结节进一步发展有部分连接	23—24
几乎完全愈合	25—26
完全愈合	26 或以上

（Stewart，1954）

此外，Flecker（1932，1933）还提出了骨化中心出现与愈合年龄顺序表可供 X 线学分析参考（表 1—11—7）。

四、骨骺愈合的年龄分布

前面介绍了骨骺愈合的年龄及其范围，但骨骺愈合的个人差异是较大的，其动摇范围可达 1 至数年，究竟哪一种骨骺愈合在哪个年龄多见，需要由其年龄分布来考察。McKern 与 Stewart（1957）在其著书中将骨骺愈合分为 5 级，着重介绍了下述各种骨骺愈合的年龄分布：

1. 肱骨上端、桡骨下端、尺骨下端、股骨下端、胫骨上端和腓骨上端（表 1—6—5）。

2. 髂嵴（表 1—6—6）。

3. 锁骨胸骨端（表 1—6—7）。

表 1—6—5　四肢长骨骨骺愈合的年龄分布（%）

年龄	例数	肱骨上端愈合分级*					桡骨下端愈合分级				
		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
17—18	55	14	5	25	35	21	22	3	14	32	29
19	52	5	2	10	58	25	7	—	5	48	40
20	45	2	2	4	40	52	4	—	2	24	70
21	37			2	27	71				19	81
22	24				12	88				12	88
23	26				4	96					100
24+	136					100					

续表

年龄	例数	肱骨上端愈合分级※					桡骨下端愈合分级				
		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
		尺骨下端愈合分级					股骨下端愈合分级				
17—18	55	29	1	11	24	35	16	2	3	18	61
19	52	7	—	5	32	56	4	—	1	9	86
20	45	4	2	—	24	70			2	9	89
21	37				10	90				8	92
22	24				8	92					100
23	26					100					
24+	136										
		胫骨上端愈合分级					腓骨上端愈合分级				
17—18	55	2	2	7	23	66	14	—	3	12	71
19	52	1	—	1	17	81	4	—	6	4	12
20	45			0	13	87			2	—	98
21	37				5	95				5	95
22	24				4	96					100
23	26					100					
24+	136										

(McKern，Stewart　1957)

表 1—6—6　　　　男性髂嵴骨骺愈合的年龄分布（%）

年龄	例数	左　侧　分　级					右　侧　分　级				
		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
17	10	40	10	10	40	—	50	10	20	10	10
18	45	18	16	26	20	20	52	13	12	12	11
19	52	5	4	27	28	36	14	24	13	17	32
20	45	2	6	4	24	64	11	13	9	23	44
21	37		5	8	13	74	10	6	3	25	56
22	24			4	4	92	4		—	4	92
23	26					100			4	4	92
24—25	27										100

(McKern，Stewart　1957)

表1—6—7　男性锁骨胸骨端骨骺愈合的年龄分布（%）

年龄	例数	骨骺愈合分级				
		0	1	2	3	4
11	10	—	—	—	—	—
18	45	90	10	—	—	—
19	52	79	13	8	—	—
20	45	69	28	11	2	—
21	37	36	43	13	8	—
22	24	4	27	39	30	—
23	26		11	43	13	8
24—25	27		3	10	52	37
26—27	25				36	64
28—29	18				31	69
30	11				9	91
31	54					100

(McKern, Stewart)

上述各种骨骺愈合可依其愈合的级别选适宜的年龄作综合评价。McKern将这种评价的基础称为"联合成熟活动"(combined maturational activity)。Mckern认为选取少数规律性较强的骨骺愈合部位，根据其年龄分布规律，作综合判断，可望正确估计其骨龄。

Krogman本着这一精神，进一步总结McKern著书中一些有价值的资料，介绍如表1—6—8。

表1—6—8　一些骨骺第4级愈合的年龄分布

骨骺	第4级年龄范围
1. 髂嵴	20%18岁，100%23岁
2. 坐骨	10%17岁，100%24—25岁
3. 锁骨（右及左）	37%24—25岁，100%31岁
4. 胸椎（1—12）骺环	4—13%17—18岁
	6—24%19岁
	68—100%20岁
	83—100%21岁
	67—100%22岁
	81—100%23岁
	100%25岁
5. 肩胛骨	
肩峰端	40%17岁，100%23岁

续表

骨骺	第4级年龄范围
下　角	40%17岁，100%23岁
脊柱缘	20%17岁，100%23岁
6. 胸骨	
2—3段完全愈合	14%19岁，92%24—25岁
1—2段完全愈合	21%20岁，57%28—30岁
7. 肋骨（1—12）	
椎骨端骨骺	11—40%18岁
	11—41%19岁
	28—64%20岁
	51—78%21岁
	72—96%22岁
	92—96%23岁
	100%24岁
8. 骶骨	
S_{4-5}	47%17—18岁，100%23岁
S_{3-4}	24%17—18岁，100%23岁
S_{2-3}	30%17—18岁，100%24岁
S_{1-2}	22%20岁，100%33岁以上
S_1	
上端骺环	30%18岁，100%22岁
侧面联合	32%18岁，100%22岁
耳状骨骺	12%18岁，100%22岁

五、骨化中心大小与年龄的关系

一般骨化中心的出现时期主要依X线检查来确定，尸体保存较好时这种检查是可行的，但在完全白骨化尸体其实用价值较低。考虑到这一点，速水寅一（1930）研究了骨化中心大小与年龄的关系，就四肢长骨的骨骺研究了各年龄时的骨化中心长径的中央值如表1—6—9。在白骨化尸体可就长骨已化骨的骨骺直接进行测量。

表1—6—9　骨化中心长径中央值　(cm)

年龄	肱骨		桡骨		尺骨	股骨		胫骨		腓骨
(岁)	骨头	小头	上端	下端	下端	上端	下端	上端	下端	上端
1	1.10	—	—	0.28	—	1.20	2.00	1.45	0.95	—
2	1.70	0.88	—	0.93	—	1.80	1.93	1.98	1.80	—

续表

年龄(岁)	肱骨		桡骨		尺骨	股骨		胫骨		腓骨
	骨头	小头	上端	下端	下端	上端	下端	上端	下端	上端
3	2.10	1.05	—	1.00	—	2.15	2.40	2.10	2.78	—
4	2.15	1.20	—	1.34	—	2.15	2.45	2.40	2.39	—
5	2.40	1.18	—	1.55	—	2.45	3.20	2.90	2.60	1.05
6	2.53	1.33	—	1.80	—	3.10	3.65	2.80	2.86	1.30
7	2.65	1.45	—	1.95	—	3.35	3.65	2.90	2.86	1.30
8	3.10	1.45	0.98	2.09	0.92	3.78	3.58	3.68	3.43	1.64
9	3.15	1.70	0.95	2.20	1.08	3.60	4.38	3.70	3.55	1.85
10	3.25	1.70	1.28	2.25	1.20	4.30	4.55	3.60	3.50	1.80
11	3.65	1.83	1.45	2.50	1.38	4.50	5.80	4.30	3.55	2.13
12	3.75	1.83	1.75	2.73	1.58	4.75	6.55	5.18	4.45	2.15
13	4.70	—	—	3.00	1.63	4.65	5.95	4.71	3.91	2.28
14	4.40	—	—	3.00	1.75	5.95	7.08	6.00	4.10	2.60
15	5.05	—	—	3.20	1.80	5.75	7.48	5.95	4.75	2.50

（速水，1930）

（引自濑田・吉野 1990）

（贾静涛）

第三节　根据身高和骨骼长度推断年龄

从胚胎时期开始，骨骼的长度就随着月龄的不断增加而增长；婴儿出生以后，骨骼及身体的长度仍随着年龄的增加而增长，一直到青春期后生长发育停止时。所以，根据骨骼长度（主要是四肢长度）或身体长度可以推断年龄或月龄。但是，人体的生长发育受营养条件、健康状况以及遗传和所在地区等因素的影响，存在一定的个体差异，此外还有性别差异。尽管如此，仍可将骨骼长度和身体长度作为推断胎儿月龄和儿童、青少年年龄的参考。

一、根据身体长度推断月龄或年龄

胎儿的月龄判定，除可根据骨化中心的出现情况及体重外，尚可根据胎儿身长进行判定。按 Haase 法计算，胎生前半期其身长等于月数的平方，后半期等于月数乘 5。据此可依胎儿的身长做出月龄的推断。也可按以下公式推定胎儿的月数。

胎儿月数＝5.6×胎儿身长

对于儿童及少年，骨化中心的出现与骨骺愈合情况以及牙齿萌出与交替情况都是判

定年龄的重要指标。此外，也可根据身高推定其年龄（表1—6—10）。但其误差较大。

表1—6—10　我国三个地区学龄前及学龄儿童身高与年龄的关系（平均值）

年龄	男性身长（厘米）			女性身长（厘米）		
	哈尔滨	武汉	广州	哈尔滨	武汉	广州
3—4	92.8	—	—	92.5	—	—
4—5	100.6	—	—	99.65	—	—
5—6	106.9	—	—	105.3	—	—
6—7	111.8	110.7	110.8	111.8	110.8	—
7—8	118.8	115.2	115.1	117.2	115.5	114.8
8—9	121.4	120.0	119.0	120.3	119.1	118.9
9—10	125.6	124.3	123.3	124.9	124.1	123.6
10—11	131.3	128.8	127.6	130.9	128.8	128.4
11—12	135.9	132.9	131.4	134.8	132.7	133.1
12—13	141.0	137.4	137.2	142.2	138.4	138.8
13—14	147.9	141.9	144.1	149.2	143.6	145.5
14—15	153.0	147.6	150.6	152.6	147.2	150.1
15—16	159.6	153.6	157.7	154.3	151.5	152.4
16—17	163.2	158.4	162.0	155.0	152.8	153.9
17—18	166.2	163.0	163.5	155.3	—	154.8
总人数	4 425	5 532	5 426	4 046	4 045	3 427

（转引自陈东启）

二、根据骨骼长度推断年龄

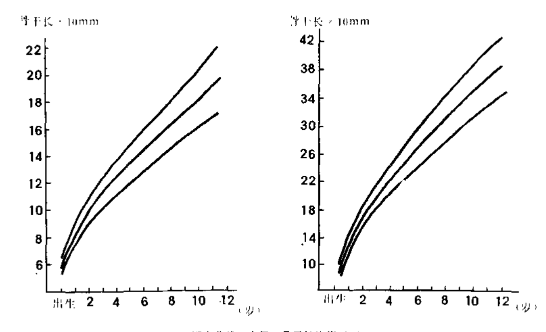
（一）桡骨和股骨的骨干长

Hoffman (1979) 提出根据桡骨和股骨的骨干长度推定少幼儿童的年龄。在失去骺端及牙萌出资料不明的例子，利用骨干长度推定年龄和利用牙萌出推定年龄一样好，甚或更为确实。但根据X线片所测的骨干长度常较实际骨干长增大2—3%。所用资料系女性骨骼。在所有长骨中，股骨是最适用于推定年龄的。

图1—6—1所示是各年龄组桡骨与股骨的平均骨干长与95%置信区间。

（二）胸骨长度

楠濑（1959）研究了日本人未成年人胸骨长度与身高的关系，有关数据也可供推定年龄的参考（表1—6—11）。



图中曲线：中间：骨干长均值（m）

上：m+1.96S. D.

下：m−1.96S. D.

图 1−6−1　由桡骨骨干长（左）及股骨骨干长（右）推定年龄

（仿 Hoffman 1979）

表 1−6−11　　由未成年人胸骨长度推算身高及年龄

年龄	性别	胸骨全长 mm	胸骨柄长 mm	胸骨体长 mm	身高 cm
	男	54.4	16.4	38.0	81.0
1	女	—	—	—	—
	男	58.5	19.5	39.1	87.4
2	女	61.7	19.1	40.7	80.1
	男	64.7	21.1	43.1	89.7
3	女	58.5	20.3	34.4	90.0
	男	69.3	21.0	49.7	96.5
4	女	63.9	19.2	46.8	101.0
	男	75.5	23.0	—	100.0
5	女	77.4	28.9	48.9	102.3
	男	87.4	31.5	59.4	113.5
6	女	82.1	25.6	56.5	104.6
	男	—	—	—	—
7	女	73.4	35.2	51.6	121.0

续表

年龄	性别	胸骨全长 mm	胸骨柄长 mm	胸骨体长 mm	身高 cm
	男	92.6	32.7	59.9	119.5
8	女	87.8	33.4	54.4	124.5
	男	—	—	—	
9	女	95.7	34.8	60.9	125.0
	男	100.4	33.5	68.9	129.5
10	女	98.5	35.8	64.5	128.5
	男	—	—	—	—
11	女	102.3	41.5	60.8	133.0
	男	—	—	—	—
12	女	107.4	42.1	65.3	140.0
	男	110.6	40.4	70.2	150.0
13	女	—	—	—	—
	男	124.5	43.0	81.4	151.3
14	女	114.5	40.5	74.1	154.0
	男	123.7	48.2	85.5	159.0
15	女	120.9	42.6	78.3	155.5
	男	135.6	45.5	91.6	163.4
16	女	125.5	43.4	81.1	154.5

（楠濑，1959）

（引自濑田，吉野 1990）

（三）掌骨长

1976 年，Kimurak. 就日本人男女性共 923 人，根据 X 线片研究了第二掌骨骨干长与年龄的关系，其结果如表 1－6－12。

表 1－6－12　　第二掌骨（右）骨干长的均值与年龄的关系　　(mm)

年龄（年：月）	男性	女性
0：7—1：6	21.9	22.9
1：7—2：6	29.2	30.0
2：7—3：6	32.6	33.3
3：7—4：6	35.8	35.6
4：7—5：6	37.4	38.5
5：7—6：6	39.8	40.9
6：7—7：6	43.9	45.2

续表

年龄（年：月）	男性	女性
7：7—8：6	48.1	46.9
8：7—9：6	49.3	49.6
9：7—10：6	51.3	50.8
10：7—11：6	53.3	54.4
11：7—12：6	55.2	57.0
12：7—13：6	57.4	57.9
13：7—14：6	59.9	58.4
14：7—15：6	62.2	58.9
15：7—16：6	63.7	59.4
16：7—17：6	64.6	59.5
17：7—18：6	65.0	59.4

(Kimurak。1976)

(引自濑田，吉野。1990)

（四）锁骨长

1968 年，日野忠臣就新生儿至 80 岁的日本人男女性白骨化尸体共 515 具，研究了锁骨最大长（左）均值与年龄的关系，其结果如表 1－6－13。

表 1－6－13　锁骨最大长（左）均值与年龄的关系　(cm)

年龄	男性	女性	年龄	男性	女性
1 个月	5.08	4.78	8 岁	9.62	9.15
2	5.30	4.90	9	9.91	9.23
3	5.39	5.24	10	10.52	9.54
4	5.77	5.46	11	11.44	10.12
5	5.88	5.72	12	12.17	10.42
6	5.90	5.80	13	12.41	11.20
7	6.05	5.91	14	13.00	11.45
8	6.11	6.02	15	14.76	12.62
9	6.19	6.05	16	14.80	12.78
10	6.38	6.32	17	14.91	13.14
11	6.65	6.59	18	15.10	13.21
12	6.80	6.72	19	15.21	13.25
1 岁	6.92	6.90	20	15.25	13.41
2	7.14	7.10	21	15.30	13.52

续表

年龄	男性	女性	年龄	男性	女性
3	7.61	7.42	22	15.32	13.55
4	8.02	7.43	23	15.33	13.57
5	8.65	8.10	24	15.33	13.59
6	9.21	9.00	25	15.36	13.61
7	9.59	9.03	26—29	15.36	13.61

（日野，1968）

（引自濑田、吉野　1990）

（贾静涛）

第四节　根据颅骨推断年龄

颅骨常成为法医学、人类学和考古学工作者判定死者年龄的重要材料。除可根据牙的萌出时间、磨损程度和牙的结构等判定年龄以外，颅骨尚有许多形态变化可作为判定年龄的依据。

一、根据未成年颅骨推断年龄

（一）颅骨的发育

新生儿颅骨呈长圆形，由于脑及感觉器发育较快而咀嚼功能尚未发达的原因，因此脑颅大于面颅。

1. 新生儿的面颅　狭小，约占全颅的1/8。两眶较大，乳牙未露，下颌骨平直无角。

2. 新生儿的脑颅　颅盖薄而光滑，只由一层骨板构成，无板障。内面无大脑轭、脑压迹及动脉沟等。额结节及顶结节显著。眉间及眉弓不明显。骨缝之间充满纤维组织；在多骨相接的交角处，由于骨化还未完毕，故仍为结缔组织膜，称为囟。前囟最大，呈菱形，位于冠状缝与矢状缝相合处。后囟位于矢状缝与人字缝会合处。蝶囟成对，形状不规则，由额骨、顶骨、蝶骨大翼与颞骨围成。乳突囟成对，位于顶骨、颞骨及枕骨之间（图1—6—2）。

颅骨在出生后的发育，大致可分为三个时期。

第1期：由出生至7岁末，为成长期。此时脑颅和面颅诸骨发育较快，骨的边缘不断骨化，同时伴有骨面的增生与吸收，使骨变厚变宽。出生后2—3个月时蝶囟与后囟闭合；1岁左右乳突囟闭合；2岁时前囟闭合。婴儿的下颌骨原先分为左右两半，正中线为结缔组织，至两岁时，在正中线处愈合。新生儿乳突不明显。在出生后两岁时开始出现。

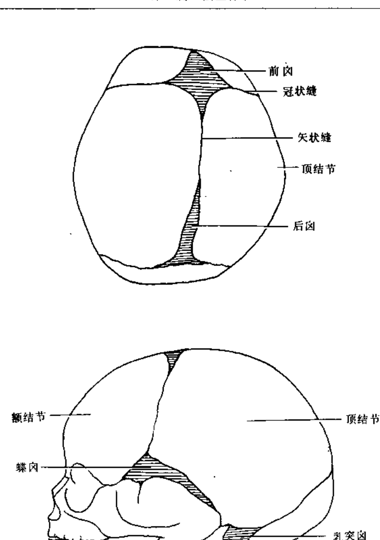


图 1—6—2　新生儿颅骨

（《人体解剖学》1977）

4 岁后，颅顶骨出现两层骨板及其间的板障，同时由于咀嚼运动增加，骨面开始出现肌线。婴儿枕骨在出生时分为四部分，即一个鳞部、两个侧部和一个基底部。鳞部与侧部在 3—5 岁愈合，侧部与基底部则在 4—5 岁愈合。7 岁时，筛骨、两眶及鼻腔上部大致已发育完毕。

第 2 期：由 7 岁末至 16 岁，为相对静止期。这个期间颅骨生长较慢，逐渐出现性别上的差别。

第 3 期：由 14—16 岁至 20—23 岁，为成长期。出现额部向前突出；眉弓及乳突生长发育迅速；颅骨肌线特征明显出现。

（二）根据颞骨的发育推断年龄

Weaver（1979）提出了根据颞骨的发育推定未成年颅骨年龄的方法，将鼓室板（tympanic plate）的发育分为 6 个阶段：

第 1 期：有颞骨的岩部—乳突部，但尚未发育为鼓室环（tympanic ring），相当于胎生期或新生儿。

第 2 期：鼓室环不完全形成（呈 U 形）于外耳道口的下半，部分与岩部—乳突部相连。相当于新生儿至 6 个月。

第 3 期：鼓室环由下方与颞骨相连，U 形的开口端封闭，但尚不完全。相当于 1—2.5 岁。

第 4 期：由于 U 形的开口端封闭，鼓室环发育为鼓室板，中间为 V 形孔。此期也相当于 1—2.5 岁。

第 5 期：鼓室板完全形成，外听道的下缘完成发育，可能尚留有小孔有待封闭。此期由于例数少，未能确定年龄。

第 6 期：鼓室板形成如同成年的外听道，小孔均已封闭，在极少见的情况下，鼓室板上留有小孔。

（三）根据枕骨的发育推定年龄

Redfield（1970）提出依未成熟枕骨推定年龄的方法。除通常划分的枕骨 4 个部分（枕鳞，基底部及两外侧部）外，尚提出一个顶间部。据文献记载，枕鳞与外侧部大都于胎生第 6—9 周出现，基底部的出现时间各家意见不一，约在 6—12 周之间。致于 4 个部分的软骨性结合（synchondrosis）愈合的时间则大都不一致。Redfield 根据大量的骨骼调查，认为所有 4 个部分都在 7 岁愈合。他还测量了基底部的长度和宽度、外侧部的长度用来推定年龄（表 1—6—14）。

此外，Redfield 还指出蝶枕软骨结合（基底缝）约在 20—29 岁愈合。Krogman 根据数百个未成熟颅骨及 500 张 X 线片推定大约 95%的基底缝在 20—25 岁愈合，较多见的是 23 岁。

表 1—6—14　未熟与成熟枕骨的大小及软骨结合的愈合百分率（Redfield）

年龄组	基底部					外侧部			愈合%		
	n	平均长	范围	平均宽	范围	n	平均长	范围	A*	B	C
胎儿	7	17	15—19	15	13—17	7	23	21—25			
新生儿	4	17	17—18	17	16—19	5	26	22—27			
3 个月	6	19	17—20	18	16—20	9	29	25—30			

续表

年龄组	基底部					外侧部			愈合%		
	n	平均长	范围	平均宽	范围	n	平均长	范围	A*	B	C
6个月	4	21	21--22	22	21—23	5	32	29—36			
12个月	4	21	21—22	23	20—24	5	34	33--35			
18个月	5	24	22—26	24	21—25	5	37	34—40	7		
2—3岁	6	25	24—27	27	24--32	5	39	36—41	15		
4-5岁	5	24	26—28	28	27—30	4	42	37—46	33		
6岁	3	27	26—29	30	26—32				100	85	
7岁	7	27	22—30	38	30--45				100	100	
8—12岁	8	29	27—31	39	32—49				100	100	
13-19岁	8	33	30—38	29	37—42				100	100	50
20--29岁	30	31	25—39	37	33—42				100	100	100

*A：内部枕后软骨结合（枕鳞与外侧部间） B：内部枕前软骨结合（外侧部与基底部间）

C：蝶枕软骨结合（基底缝）

二、根据成年颅骨推定年龄

（一）颅骨的增龄性变化

一般在23岁以后，颅盖骨内面矢状沟加深；脑膜中动脉沟逐渐明显，到中年时变为深沟，老年时成为槽状，少数甚至出现管状。蛛网膜粒小凹，儿童期罕见，多于青年时期出现，50岁以上的出现率为82%。50岁后，板障静脉管腔变少，逐渐被骨质增生所填充，外板与板障的界线又开始模糊。

老年人颅骨，由于鼻旁窦及板障中的骨质不断被吸收，使颅骨变薄，重量变轻；同时，随着牙的脱落，牙槽骨的吸收，使牙槽逐渐变平而消失，下颌角复又增大（表1—6—15）。

表1—6—15 下颌角的变化与年龄的关系

出生时	牙齿交换	恒牙完成	35岁	55岁	70岁
170°	150°	100°	110°	120°	130°

颅骨缝的愈合情况曾经是根据颅骨判定年龄的一项指标。尽管经过一百多年的研究，其应用价值至今未能肯定。

颅骨缝的愈合过程开始是缝隙间结缔组织消失，缝隙缩小，而后波纹深度变浅，波线被部分骨性愈合所切断，呈断断续续的曲形波，进而仅见波纹残迹，最后完全消失。

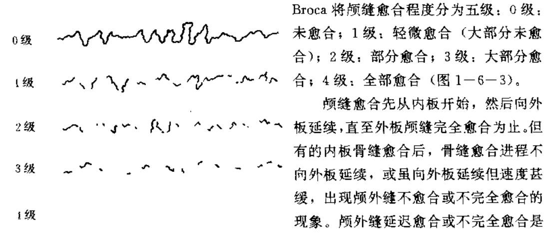


图1—6—3　Broca颅骨缝愈合分级

Broca将颅缝愈合程度分为五级：0级：未愈合；1级：轻微愈合（大部分未愈合）；2级：部分愈合；3级：大部分愈合；4级：全部愈合（图1—6—3）。

颅缝愈合先从内板开始，然后向外板延续，直至外板颅缝完全愈合为止。但有的内板骨缝愈合后，骨缝愈合进程不向外板延续，或虽向外板延续但速度甚缓，出现颅外缝不愈合或不完全愈合的现象。颅外缝延迟愈合或不完全愈合是一种普遍存在的现象。因此，一些人认为依颅缝估计年龄时，应主要依据颅内缝。一般颅内缝的愈合时间早于同名的颅外缝；男性颅缝的愈合早于女性。

（二）根据颅盖骨缝愈合推定年龄

为了较准确地由颅骨缝推定年龄，Nemerskeri (1960) 将冠状缝与人字缝左右侧各分为3部分，矢状缝分为4部分，共计16个部分。每个部分均按Broca's分级法给分。所得的总分除以16，得到颅骨缝愈合的平均分数，据此推定年龄。Perizonius (1984) 应用这一方法，检查颅外缝及颅内缝，所得结果如表1—6—16。表中所列为每10年的平均分数。结果表明，在颅外缝显示平均分数增加趋势至40岁，在颅内缝为50岁。50岁以后变异很大。

表1—6—16　　颅外缝及颅内缝愈合与年龄

年龄组	冠状缝		矢状缝		人字缝		例数
	平均	S. D	平均	S. D	平均	S. D	
颅外缝							
20—29	1.13	0.72	1.65	1.01	1.00	0.66	5
30—39	1.96	0.92	2.56	1.10	1.37	0.93	9
40—49	2.46	0.66	2.89	0.74	1.81	0.95	26
50—59	2.61	0.69	2.82	0.95	2.12	0.93	48
60—69	2.64	0.74	2.82	0.81	1.90	0.95	67
70—79	2.83	0.61	3.06	0.73	2.07	0.90	74
80—89	2.78	0.54	2.84	0.70	1.75	0.95	25
90—99	2.33	0.24	2.25	0.71	0.92	0.59	2

续表

年龄组	冠状缝		矢状缝		人字缝		例数
	平均	S. D	平均	S. D	平均	S. D	
颅内缝							
20—29	1.20	1.07	1.50	0.47	1.00	0.59	5
30—39	2.43	1.22	2.86	0.84	1.37	0.99	9
40—49	3.60	0.59	3.40	0.57	2.71	1.00	26
50—59	3.65	0.77	3.49	0.60	2.91	0.89	48
60 -69	3.63	0.85	3.48	0.72	2.95	0.80	67
70—79	3.88	0.38	3.60	0.37	3.04	0.79	74
80—89	3.78	0.43	3.44	0.36	2.81	0.90	25
90—99	3.75	0.35	3.38	0.18	1.33	0.47	2

其后；Meindl 与 Lovejoy（1985）用多因素年龄推定技术重新对颅骨缝愈合与年龄的关系做了估价。其结果强调使用颅盖各缝和前外侧颅外缝，由 236 个颅骨中就前述各缝找出一些有特征性的位置，其长度约 1cm。在预备分析中，将一些价值不大的部位剔除，用于检测分析的部位如下：

1. 颅盖各缝

人字缝中点（midlambdoid）：两半人字缝中间部的中点。

人字点（lambda）

顶囟点（obelion）：在矢状缝上被连接两侧顶骨孔之线通过的一点。

矢状缝前点（anterior sagittal）：矢状缝上前 1/3 与后 2/3 的交点。

前囟点（bregma）。

冠状缝中点（midcoronal）：两半冠状缝在复合部（pars complicata）的中点。

翼点（pterion）：位于蝶骨大翼上部，蝶顶缝与额骨相会的一点。

2. 前外侧颅外缝

蝶额点（sphenofrontal）：蝶额缝的中点。

蝶颞下点（inferior sphenotemporal）：颞下颌关节的两侧关节结节连线与蝶颞缝相切之点。

蝶颞上点（superior sphenotemporal）：蝶颞缝上的一点，位于其与顶骨结合处下方 2cm。

就上述 10 点处颅骨缝的愈合情况，按下述标准给分：

（0）完全开放。该部颅外缝无任何愈合的迹象；

（1）轻度愈合。指由最轻至中度愈合，由单一骨桥连接至约 50%骨性连结；

（2）显著愈合。愈合虽明显，但该部尚有些许未完全愈合。

（3）完全愈合。

各点的愈合顺序是不同的。顶囟点与翼点最先开始愈合，也最先完成愈合。

颅盖各点开始愈合的顺序为：顶囟点、翼点、矢状缝前点、人字点、人字缝中点、冠状缝中点和前囟点。其完成愈合的顺序为：顶囟点、翼点、矢状缝前点、人字点、前囟点、人字缝中点和冠状缝中点。

前外侧颅外缝开始愈合的顺序为：翼点、冠状缝中点、蝶额点、蝶颞下点和蝶颞上点。其完成愈合的顺序为：翼点、蝶颞点、冠状缝中点和蝶颞下点。

判断结果时，将所得的分数相加。按颅盖缝有 7 个测点，前外侧颅外缝有 5 个测点，分别计得综合分数，其与年龄的关系如表 1－6－17。由前外侧颅外缝计得的结果比依颅盖缝更为准确。种族与性别对结果无明显影响。

表 1－6－17　　依颅盖及前外侧颅外缝的愈合情况推定年龄

综合分数	N	平均年龄	S.D.	范围
		颅盖缝判定结果		
0（开放）	24			X—35
1—2	12	30.5	9.6	19—44
3—6	30	34.7	7.8	23—45
7—11	50	39.4	9.1	28—44
12—15	50	45.2	12.6	31—65
16—18	31	48.8	10.5	35—60
19—20	26	51.5	12.6	36—63
21（闭合）	13			43—X
		前外侧颅外缝判定结果		
0（开放）	42			X—43
1	18	32.0	8.3	21—42
2	18	36.2	6.2	29—44
3—5	56	41.1	10.0	28—52
6	17	43.3	10.7	30—54
7—8	31	45.5	8.9	35—57
9—10	29	51.9	12.5	39—69
11—14	24	56.2	8.5	49—65
15（闭合）	1			

(Meindl, Lovejoy 1985)

国内，印国梁（1987）就上海地区中国人颅骨 140 例（男 63，女 77），研究了颅内外的冠状缝、矢状缝和人字缝的愈合情况，提出推定年龄的回归方程。

（1）分级：按 Freoterie 的分级标准分为 0—4 级。

0 级：未愈合，即骨缝间尚有明显裂隙。

1 级：开始愈合，即骨缝间已无明显裂隙。

2 级：部分愈合，即骨缝处留存锯齿线痕迹超过 1/2 范围。

3 级：大部分愈合，即骨缝处留存锯齿线痕迹少于 1/2 范围。

4 级：完全愈合，即骨缝处的锯齿线痕迹已消失。

（2）分段：

冠状缝：以与矢状缝交点为界，分为左右两侧，各侧以此向外各均等分为 4 段。

矢状缝：以与人字缝交点为界，由后向前均等分为 4 段。

人字缝：以与矢状缝交点为界，分为左右两侧，各侧以此向外各均等分为 3 段。

（3）回归方程式：

$$Y = 25.4948 - 0.469x_2 + 4.7056x_{10} + 11.1653x_{14} + 7.609x_{25} - 6.1145x_2 + 14.0371x_{30}$$

式中：x_2：身高（cm）

x_{10}：颅外冠状缝右侧第 3 段的级别

x_{14}：颅内冠状缝左侧第 3 段的级别

x_{25}：颅内矢状缝第 2 段的级别

x_{28}：颅外人字缝左侧第 1 段的级别

x_{30}：颅外人字缝左侧第 3 段的级别

莫世泰等（1989）根据对广西地区成人男性颅骨 139 例颅内外骨缝的研究，提出了开始愈合与完全愈合的大致年龄范围。

（1）分级：按 Broca 氏的分级标准分为 0—4 级。

（2）分段：

冠状缝：前囟段及左右段。

矢状缝：前囟段、顶段、顶孔段及后段。

人字缝：人字段及左右段。

其他各缝：均为左右侧。

颅内外骨缝的愈合年龄（岁）如表 1—6—18 所示。

表 1—6—18　　颅骨缝的愈合年龄（岁）

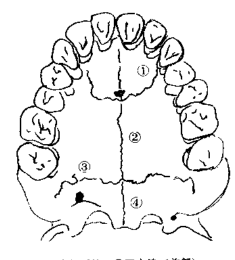
愈合情况（度）	颅骨缝								
	蝶额	矢状	冠状	人字	蝶顶	蝶鳞	枕乳突	顶乳突	鳞缝
颅外缝									
开始愈合（1）	17	22	22	27	27	27	27	37	37
	(15—19)	(20—24)	(20—24)	(25—29)	(25—29)	(25—29)	(25—29)	(35—39)	(35—39)
完全愈合（4）	52	37	47	42	52	62	62	84	84
	(50—54)	(35—39)	(45—49)	(40—44)	(50—54)	(60—64)	(60—64)		

续表

愈合情况（度）	颅骨缝								
	蝶额	矢状	冠状	人字	蝶顶	蝶鳞	枕乳突	顶乳突	鳞缝
颅内缝									
开始愈合（1）	17 （15—19）	22 （20—24）	22 （20—24）	27 （25—29）	22 （20—24）	27 （25—29）	27 （25—29）	37 （35—39）	37 （35—39）
完全愈合（4）	42 （40—44）	42 （40—44）	37 （35—39）	42 （40—44）	47 （45—49）	62 （60—64）	62 （60—64）	62 （60—64）	78 （75—84）

（三）根据上腭缝愈合推定年龄

赵鸿举、张继宗（1988）就由广西、云南、贵州、山东等地收集的颅骨231具（男性）研究了上腭缝愈合与年龄的关系。将腭缝按解剖学分区分为4部分（图1－6－4）。骨缝愈合情况分为5级：0级　未愈合；1级　愈合在1/3以下；2级　愈合达1/2，未及2/3；3级　愈合达2/3以上；4级　全部愈合。



①切牙缝　②腭中缝（前部）
③腭横缝　④腭中缝（后部）

图1－6－4　上腭缝的分部

1. 切牙缝的年龄变化　中国汉族男性切牙缝在20岁以前多已愈合1/2，而后随年龄增加继续愈合。在25岁前多已愈合到2/3或更多。45岁以后，基本全部愈合，但也有少数个体未愈合。

2. 腭横缝的年龄变化　腭横缝在25岁以前开始愈合，30岁以前大部愈合达1/3，40岁以前大部分达1/3以上或达1/2。41岁至50岁之间年龄变化不明显，55岁以上则大部愈合达2/3或更多。腭横缝的愈合较晚。

3. 腭中缝前部的年龄变化　在30岁以前大部分未愈合。30岁以后，55岁以前大部分愈合不超过1/3。腭中缝前部愈合较晚。45岁以后，其年龄变化规律不明显。

4. 腭中缝后部的年龄变化　在30岁以前大部分未愈合或刚开始愈合。35岁以前多数愈合达1/2以上。45岁以后大部分已完全愈合。

5. 上腭缝愈合的综合年龄变化　将上腭缝的4个分区愈合级数加在一起，所得的级数和，即为上腭缝愈合的综合得分。综合得分随年龄增加而明显增加，比单一腭缝与年龄的关系更为密切。综合得分与年龄的关系如表1－6－19。31岁以下标准差较小，尚有应用价值。

上条（1949）曾对上腭缝进一步区分进行观察。将切牙缝及腭横缝再分为内外两区，

将腭中缝前部及后部分别各分为前、中、后3区。其观察结果认为切牙缝的外区及腭中缝后部的后区愈合最早，20—30岁愈合的频率为15—20%。30—50岁，切牙缝全部、腭中缝前部的后1/3—2/3有消失趋势。50岁以后，腭横缝的外区及腭中缝前部消失的频率分别为40%及30%。濑田等根据实际检察的经验认为，切牙缝一般在30岁左右消失，腭中缝后部的愈合较之为迟，而腭中缝前部与腭横缝愈合更晚，个人差颇大，不论哪一骨缝如有明显的愈合，至少已在50岁以上。

表1—6—19　　上腭缝愈合的综合得分与年龄（摘录）

评分	例数	年龄（岁）		年龄范围
		均值	S. D	
2	1	18		18
3	2	21		19—23
4	17	22.94	2.86	19—28
5	10	27.30	2.45	23—32
6	18	29.94	5.70	23—41
7	27	31.39	4.68	24—42
8	34	36.70	10.05	23—60
9	36	44.30	13.1	29—67

（赵鸿举，张继宗　1988）

（四）　根据其他骨缝愈合推定年龄

1. 根据颅骨基底缝愈合推定年龄　颅骨基底缝即蝶枕缝的愈合多见于17—18岁，21岁以上已全部愈合。据McKern与Stewart的调查，其频率如表1—6—20。

表1—6—20　　颅骨基底缝（男）愈合的年龄分布（%）

年龄	例数	0	1	2	3	4
17—18	55	3	2	7	10	78
19	52				3	97
20	45				2	98
21	37					100
22	24					100

2. 根据眼眶骨缝愈合推定年龄　据上条（1949）研究，构成眼眶的各个骨的骨缝在20—30岁间未见有愈合消失的。30—50岁可见有上颌骨、鼻骨与筛骨间的骨缝愈合。50岁以上，构成眼眶的各骨的骨缝有半数以上部分愈合或全部愈合消失，尤其是额骨筛骨缝、蝶骨筛骨缝、蝶骨额骨缝，其骨缝的大部分（约70%）愈合消失。

（贾静涛，李春彪，孙尔玉）

第五节　根据耻骨联合部推断年龄

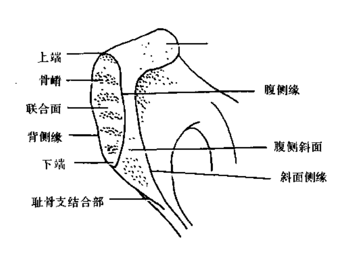


图1－6－5　耻骨联合部的形态结构

进入青春期以后，耻骨联合部的形态呈现出较规律的年龄变化，这种变化早已为国内外的人类学者和法医学者所证实，并进行了较为深入地研究。目前，根据耻骨联合部的形态变化推定年龄的方法已成为法医学和人类学工作者的最重要手段之一。应用这种方法推定年龄，在14—30岁之间最为可靠，有经验者误差仅±1岁；在30—50岁之间，误差为±2岁。

耻骨上支与耻骨下支在近中线处结合，该结合部位称为耻骨联合部。联合部内侧呈上下长卵圆形的粗糙面，称为耻骨联合面。两侧的耻骨联合面以软骨相隔（图1－6－5）。

耻骨联合部的形态变化可以分为耻骨结节、耻骨联合面和腹侧斜面的形态变化，由于这三个部分的变化具有性别差异，所以下面分别给予介绍。

一、男性耻骨联合部

（一）耻骨结节的形态变化

在14岁以前，耻骨结节的内侧就有骨脊存在，并向下内侧与联合面的骨脊相延续。高锐隆脊与深沟交替，沟内有散在的小孔。18岁左右，只留有前后走行的骨脊痕迹；21岁左右开始消失，结节变得光滑。

另外，在20岁以前，耻骨结节骨骺大部分尚未愈合，可见有骨骺线并附着有软骨。21岁以后开始愈合，24岁以后完全愈合。但骨骺愈合情况的个体差异较大。

（二）耻骨联合面的形态变化（图1－6－6）

新生儿耻骨联合面的形状类似蚕豆形。3—4岁以后，一些隆脊逐渐出现，但缺少年龄变化。14岁左右开始，隆脊愈来愈明显。约16岁左右达到高峰，隆脊明显增高变锐，脊沟交替，沟内有散在的小孔，典型者整个联合面由脊、沟及小孔共同形成类蜂窝状结

构，脊高可达 2—3 毫米。背侧观，整个联合面呈弧形隆起，中部最凸。约 18 岁左右，隆脊长短不一、互相交替，呈前后走行，脊尖部稍低钝，沟内小孔开始不明显。背侧观，联

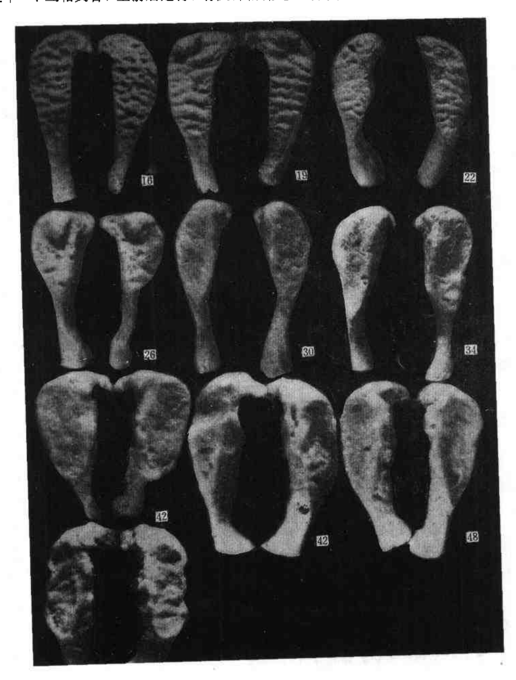


图 1—6—6　中国汉族男性耻骨联合面形态（数字：岁）

（张忠尧，1986）

合面中部变低，近水平。约 21 岁左右，脊进一步变低钝，联合面中部进一步变低。约 23

岁左右，以上变化进一步发展。在联合面中部的背侧，沟内逐渐被骨质充填变平，使背侧缘首先在此部位形成。另外，在21—23岁之间，联合面表面出现一个绿豆粒或黄豆粒大小的骨豆，称为骨化结节，它是联合面开始骨化的标志。随着年龄的增长，骨化结节逐渐由孤立状态变成与联合面骨化融合，形成联合面上端，使联合面变得不规则。约25岁左右，联合面脊只剩下痕迹或消失，背侧缘由中部向上下延深接近完全形成，腹侧缘下段逐渐出现，使联合面与耻骨下支出现分界。背侧观，耻骨联合面已逐渐变平。约27岁左右，联合面隆脊已消失，背侧缘完全形成，腹侧缘下段逐渐形成，联合面与耻骨下支之间出现较明显的分界；联合面较平坦、平滑。约30岁左右，联合面周缘完全形成，周缘在联合面下端形成“V”字形角，腹侧缘呈棱状。约33岁左右，联合面周缘发展到高峰阶段，背侧缘呈棱状增大、外翻，下端“V”字形角明显。联合面稍相对下凹，骨质渐渐致密、光滑。约37岁左右，背侧缘进一步增大、外翻，呈唇状。近背侧缘处，联合面出现波浪形起伏。腹侧缘上段逐渐出现萎缩。联合面轻度下凹，骨质变得致密、光滑。约42岁左右，背侧缘开始外张，波浪形起伏扩展到联合面的大部分，下端锐角逐渐增高。联合面呈卵圆形。约47岁左右，联合面下凹明显，起伏不平，类似隆脊之痕，上端开始出现结节状结构，下端出现粟粒状小孔。背侧缘和腹侧缘有唇缘形成。50岁以后，联合面起伏不平，有大量小凹坑及小孔存在，整个耻骨联合面稀疏类似焦渣状。背侧缘中部萎缩或破损，下端逐渐吸收或消失，腹侧缘变平或变圆。

（三）腹侧斜面的形态变化

在耻骨联合部腹侧面近中线处的下方，在23岁左右出现一个三角形的倾斜面，并随年龄逐渐增大，称为腹侧斜面。30岁左右，腹侧斜面可增大至耻骨联合部的顶端。有部分男性的腹侧斜面发育不到顶端。约35岁左右，斜面上部出现不同程度地破损。约45岁左右，斜面上部出现结节状骨化。

此外，斜面外侧的边缘称为斜面侧缘，在男性耻骨上，斜面侧缘呈平行于腹侧缘的一条线状痕迹，稍隆起或断续存在。

二、女性耻骨联合部

（一）耻骨结节的形态变化

在一部分女性耻骨上，该部位的形态变化同男性相似，有脊的存在及消失过程；在另一部分女性耻骨上，耻骨结节呈初始状态，即棘突状，见不到隆脊存在。

（二）耻骨联合面的形态变化（图1—6—7）

此部位形态变化过程基本上同男性相同，但某些变化略有差别，尤其在发生的时间

上。如：①脊消失时间可较男性晚 3—4 年；②下端形态，男性呈“V”字形，女性呈“U”字形；③高龄耻骨联合面，女性的骨质疏松比男性早，且较明显；60 岁以后，这种差异更为明显。

图 1—6—7　中国汉族女性耻骨联合面形态（数字：岁）

（张忠尧，1986）

（三）腹侧斜面的形态变化

此部位的变化男女差异较大。女性在17岁左右就出现腹侧斜面，且较显著，30岁时基本达顶端。斜面侧缘呈棱形骨脊，并愈来愈增高，40岁发展成高脊状，近50岁时又退变、消失。

以上三个部位有规律的形态变化，是随年龄的增长面发生的，而且呈现近似周期性的变化。如：

耻骨结节：无脊→有脊→明显→达高峰→低钝→痕迹→消失。

耻骨联合面：无脊→粗糙有脊→明显→达高峰→低钝→痕迹→消失→光滑→致密→粗糙→蜂窝状→焦渣状。

周缘：无→局部出现→完全形成→高度发展→萎缩或破损。

腹侧斜面：无→局部小三角形斜面→局部大三角形→达顶端→边缘吸收萎缩。

骨化结节：无→出现→融合→消失。

根据耻骨联合部的规律性形态变化，可以较准确地判定年龄。但如果经验不足，则误差也很大。近年来，由于数量化理论的广泛应用，使得根据耻骨联合部判定年龄的方法有了很大的改进和提高。

三、McKern—Stewart推断年龄法

这是McKern与Stewart在Todd描述法基础上的进一步改良。他们将耻骨联合部分为三个部分，即背侧半个联合面、斜面侧缘和联合面周缘。就这三个部分分别进行观察、评分，然后按总分推断年龄。由于耻骨联合部的形态变化存在性别差异，故评分标准也有所不同。

（一）推断男性年龄的标准

1. 背侧半个联合面（6级）

(0) 没有背侧缘；

(1) 背侧边中部1/3处出现轻度边缘；

(2) 背侧缘完全形成；

(3) 在背侧半面的中1/3处，由于沟被填充、脊被吸收，使得该部位形成一个坪。

(4) 带有脊痕迹的背坪扩展到背侧半面的绝大部分；

(5) 脊完全消失，整个半面变平，表面呈颗粒状；

2. 斜面侧缘（6级）

(0) 腹侧斜面未出现；

(1) 仅在联合部下内侧形成局部斜面，呈三角形；

(2) 斜面向上延伸、扩展；

(3) 借助上端或下端的骨性隆起的延伸，斜面侧缘开始出现；

(4) 斜面侧缘基本形成；在早期的腹侧缘上仍可见到脊、沟的痕迹，特别是在上2/3处更为明显；

(5) 斜面侧缘完全形成；

3. 联合面周缘

(0) 没有联合缘；

(1) 背侧出现部分联合缘，通常在背侧缘最上端，其结构圆而平滑，且高出联合面；

(2) 背侧联合缘完全形成，腹侧缘开始形成；

(3) 联合缘完全形成，联合面骨质呈颗粒状，表面尚有波浪形横脊；

(4) 联合缘开始破损变形，联合面变得光滑，腹侧缘略有唇状变；

(5) 联合缘进一步破损（特别是腹侧缘上端），联合面骨质疏松，腹侧缘有骨化现象。

按总分，由表 1－6－21 推断男性耻骨的年龄。

判定女性耻骨联合部年龄的标准也分为以下三个部分：

1. 背侧半个联合面

(0) 脊和沟非常明显，脊为波浪形，背侧缘未出现；

(1) 在背侧半面的中 1/3 处，脊变平，沟被骨质填充，背侧缘开始出现；

(2) 背侧半面向腹侧扩展，继续变平、变宽，背侧缘向上下延伸；

(3) 背侧半面相当平，背侧缘可能很狭窄或与面分不清；

(4) 背侧缘完全形成，半面平坦，呈细颗粒状，有的尚有脊的残迹；

(5) 由于骨质疏松、破损，半面变得有凹痕且不规整。

1. 腹侧半个联合面（斜面侧缘）

(0) 脊和沟非常明显，与背侧半面交界处呈隆起形；

(1) 腹侧缘自下端开始形成：腹侧半面的边为一条沿耻骨联合面全长伸展的清楚的弓形线；腹侧斜面局部出现；

(2) 腹侧缘自上、下两端向中间扩展；腹侧斜面向上、向外扩展变宽；

(3) 除腹侧半面的大约 1/3 区域外，都被细微的粒状骨填充，变平；

(4) 腹侧斜面完全形成，呈一宽阔的光滑骨面；

(5) 腹侧斜面因骨质松化而开始出现破损，形成一个很深的凹痕或蜂窝状外观。

3. 联合缘

(0) 没有联合缘；

(1) 联合缘在背侧中 1/3 开始形成；

(2) 背侧缘完全形成；

(3) 联合缘从联合面的上下两端开始延伸，除腹侧面约 1/3 区域外，已全部完成；

（4）联合缘完全形成；

（5）背侧半面和腹侧缘可能破损、变圆，腹侧半面和斜面侧缘不再有一个清晰的分界线。

计算总分后，按表 1—6—22 推断女性耻骨年龄。

表 1—6—21　推断男性耻骨年龄标准

总分	例数	实际年龄范围	平均年龄	标准差
0	7	17	17.29	0.49
1—2	76	17—20	19.04	0.79
3	43	18—21	19.79	0.85
4—5	51	18—23	20.84	1.13
6—7	26	20—24	22.42	0.99
8—9	36	22—28	24.14	1.93
10	19	23—28	26.05	1.87
11—13	56	23—29	29.18	3.33
14	31	29+	35.84	3.89
15	4	36+	41.00	6.22

表 1—6—22　推断女性耻骨年龄标准

总分	例数	实际年龄范围	平均年龄	标准差
0	2	14—18	16.00	2.82
1	12	13—24	19.80	2.62
2	13	16—25	20.15	2.19
3	4	18—25	21.50	3.10
4—5	7	22—29	26.00	2.61
6	8	25—36	29.62	4.43
7—8	14	23—39	32.00	4.55
9	5	22—40	33.00	7.75
10—11	11	30—47	36.90	4.94
12	12	32—52	39.00	6.09
13	8	44—54	47.75	3.59
14—15	7	52—59	55.71	3.24

如某例男性耻骨，背侧半个联合面得分为 4，腹侧半个联合面得分 3，联合面周缘得分为 2，三部分总分为 9，查表 1—6—20 推断年龄为 24.14±1.93（岁）

四、应用多元回归方程推断年龄

Snow (1983) 采用 McKern-Stewont 和 Gilbert-McKern 的资料，用数理统计方法求得男女两性根据耻骨推断年龄的回归方程（表 1—6—23）。与上一种方法相比，这种方法的结果更准确。Snow 曾组织盲测试验，如根据 Gilbert-McKern 原方法，根据耻骨推断年龄的正确率为 51.0%；而用 Snow 的回归方程，正确率为 67.2%。

表 1—6—23　　根据耻骨联合推断年龄的回归方程

性别	回归方程	标准差方程
男	年龄 $=17.1648+1.4167X-0.1822X^2+0.0126X^3$（岁）	$0.6591+0.0705X-0.0223X^2+0.0011X^3$
女	年龄 $=14.7428+4.2506X-0.4784X^2+0.0259X^3$（岁）	$2.29+0.27X$

注：式中 X 为前述方法所求得的耻骨联合总得分。

张忠尧就我国东北地区汉族 454 例耻骨联合部进行了研究，吸取宋宏伟、贾静涛在牙龄研究方面的经验，采用多元逐步回归和数量化理论模式 I 这两种方法进行数据处理，求出了推断男、女年龄的方程。

多元逐步回归方程。

男：$Y=16.79+1.76X_2+1.71X_3+2.47X_4+1.68X_6+3.03X_7+7.30X_8$

女：$Y=14.90+1.96X_1+1.40X_2+2.43X_4+1.66X_5+0.99X_6+2.48X_7-1.73X_8+6.07X_9$

数量化理论 I 方程：

男：$Y=16.45+0.89X_2+2.50X_5+3.99X_6+1.32X_7+3.10X_8+5.75X_9+1.44X_{10}+4.70X_{11}+9.18X_{12}+2.46X_{14}+1.32X_{15}+4.21X_{16}+5.76X_{17}+2.37X_{18}+4.86X_{19}+5.62X_{22}+9.62X_{23}+19.45X_{24}$

女：$Y=15.32+2.39X_2+3.86X_3+3.77X_4+0.88X_5+1.46X_6+1.40X_7+1.48X_8+3.53X_{10}+7.36X_{11}+8.61X_{12}+1.76X_{13}+4.02X_{14}+5.11X_{15}+1.74X_{17}+1.95X_{18}+5.86X_{20}+5.53X_{21}+3.92X_{24}+12.51X_{25}+23.46X_{26}$

为了方便使用和易于掌握，将方程转化为推断年龄表（表 1—6—24、25），其中系数 I 为数量化理论 I 方程的系数；系数 Ⅱ 为逐步回归方程的系数。

表 1—6—24　　根据男性耻骨联合部推断年龄表

变量	形态特征	形态分	形态变化	系数Ⅰ	系数Ⅱ
X_1	联合面的沟与嵴	0	沟脊交替明显，沟深多孔	0	
		1	沟脊交替不明显，沟深少孔	0	
		2	脊低钝，沟浅	0.89	0
		3	脊沟残存痕迹	0	
		4	脊沟消失	0	
X_2	耻骨结节脊	0	脊明显	0	
		1	脊为痕迹	2.56	1.76
		2	脊消失	3.99	
X_3	下　端	0	未形成	0	
		1	联合面与下枝出现分界	1.32	1.71
		2	"V" 字形角形成或基本形成	3.10	
		3	"V" 字形角萎缩或变圆消失	5.75	
X_4	腹侧斜面	0	未形成	0	
		1	局部出现斜面	1.44	
		2	完全形成	4.70	2.47
		3	增宽或上端呈结节状	9.10	
X_5	骨化结节	0	未出现	0	
		1	出现	0	0
		2	融合消失	2.49	
X_6	背侧缘	0	未出现	0	
		1	出现棱状边	1.32	
		2	增大外翻	4.21	1.60
		3	中部破损或全部萎缩	5.76	
X_7	腹侧缘	0	未形成	0	
		1	棱状边缘清晰	2.37	3.03
		2	下段变平或消失	4.86	
X_8	联合面骨质	0	有脊或无脊，粗糙疏松	0	
		1	较光滑、细密、坚硬	5.62	
		2	表面凸凹不平或有密集小孔	9.62	7.30
		3	大凹坑或稀疏类似焦渣状	19.45	
常数				16.46	16.79
标准差				1.97	2.13

表 1—6—25　　根据女性耻骨联合部推断年龄表

变量	形态特征	形态分	形态变化	系数Ⅰ	系数Ⅱ
X_1	联合面的沟脊	0	沟脊交替，脊高锐，沟深多孔	0	
		1	横行高脊，孔少	0	
		2	横脊低钝，沟浅	2.39	1.96
		3	脊残存痕迹	3.86	
		4	脊沟消失	3.77	
X_2	骨化结节	0	未出现	0	
		1	出现	0.88	1.40
		2	融合消失	1.46	
X_3	下端	0	未形成	0	
		1	联合面与下枝出现分界	1.40	
		2	"U"字形角基本形成	1.48	0
		3	显著突出	0	
X_4	腹侧斜面	0	未形成	0	
		1	局部出现斜面	3.53	2.43
		2	完全形成	7.36	
		3	网眼样疏松	8.61	
X_5	背侧缘	0	未形成	0	
		1	出现棱状边	1.67	
		2	边缘增大外翻	4.02	1.66
		3	中部破损或萎缩	5.11	
X_6	腹侧缘	0	未形成	0	
		1	未完全形成	0	
		2	形成完整边缘	1.74	0.99
		3	破损或单纯变圆	1.95	
X_7	斜面侧缘	0	未形成	0	
		1	明显呈棱状	0	
		2	形成高嵴	5.86	2.48
		3	残存痕迹或消失	5.53	
X_8	联合面形态	0	隆起状	0	
		1	不规则，出现联合面上端	0	−1.73
		2	完全平坦或下凹	0	
X_9	联合面骨质	0	无嵴或有嵴，粗糙疏松	0	
		1	较光滑、细密、坚硬	3.92	6.07
		2	小网眼样疏松	12.51	
		3	大凹坑，稀疏类似焦渣状	23.46	
常数		15.32	14.90		
标准差		1.56	1.89		

例：1980 年 5 月 5 日，沈阳某单位在施工中挖出一具被杀无名女尸，其耻骨联合部形态得分为 100100000。根据数量化理论 I 回归方程得年龄：

0+0+0+3.53+0+0+0+0+0+15.32=18.85（岁）；根据逐步回归方程得年龄：

1×1.96+0×1.40+0×0+1×2.43+0×1.66+0×0.99+0×2.48+0×（−1.73）+0×6.87=19.29（岁）

推断的平均年龄为 19.07±2 岁。查到身源后得知，该女性为 18 周岁又 3 个月。

（李春彪）

第六节　根据髂骨耳形关节面推定年龄

骨盆后部、骶髂关节以及髂骨的耳状面（auricular surface）是因性别、生长与年龄而有所改变的。Loveioy 等（1985）发展一项根据髂骨后部特别是耳状面的变形性变化（metamorphic change）推定年龄的方法。图 1—6—8 显示耳状面的两个半关节面（demi-faces（上面与下面）和耳状面后部（retroauri-cular region）。耳状面的增龄性变化可分为 8 个期，图 1—6—9 显示每个期的代表性变化。

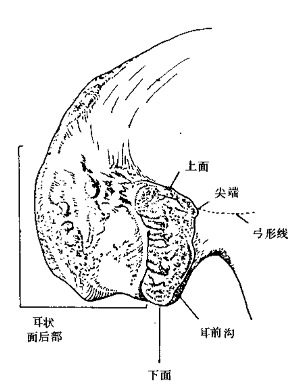


图 1—6—8　耳状面与耳状面后部
(Lovejoy etal, 1985)

第 1 期（20—24 岁）表面呈细粒状并有显著的横行结构。耳后部及尖端无活动，骨质无孔隙。其横行结构表现为宽而境界清楚的波浪状，遍及整个表面。（图 1—6—9　A）。

第 2 期（25—29 岁）与前一期比无显著变化，主要表现为横波浪状结构轻或中度消失，代之以条纹。无多孔性，无尖端及耳后部活动。表面的横行结构尚属显著，颗粒稍变粗大（图 1—6—9　B、C）。

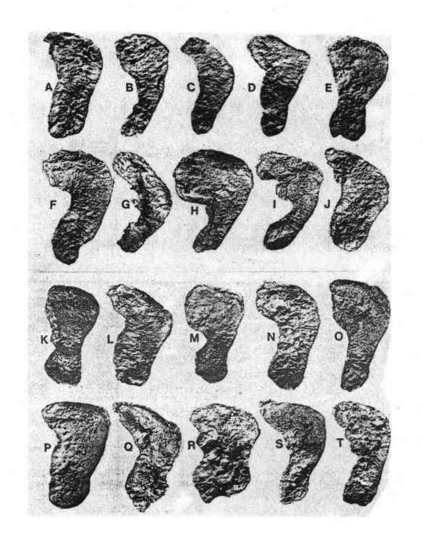


图 1—6—9　耳状面形态的增龄性变化

(Lovejoy et al 1985)

第 3 期 (30—34 岁)　两面除横行结构有些消失外，无太大变化。大部分波浪结构被清楚的横纹所代替。表面更为粗糙，颗粒所见较前一期明显。尖端无明显变化。在有的小区内出现微孔性(microporosity)。有时见有轻度的耳后部活动(图 1—6—9　D、E、F)。

第 4 期 (35—39 岁)　两面粗糙是一致性颗粒状，波浪状结构减少，注意观察可见横纹也减少。所见的波浪状结构其境界多不清楚。耳后部可有轻度活动。尖端很少变化。微孔性较轻，无大孔性(macroporosity)。此期又称为一致性颗粒状初期(图 1—6—9　G、H、I)。

第 5 期 (40—44 岁)　横纹可能尚存但走行紊乱。表面仍部分呈粗颗粒状。波浪状

结构显著消失。表面致密化（可在岛状小区）伴有相应的颗粒消失。耳后部轻至中度活动。有时呈大孔性，但不典型。尖端常有轻度改变。随着致密程度的增加，微孔性所见也增加。由颗粒性表面向致密性表面转化是本期的主要表现（图 1—6—9　J—M）。

第 6 期（45—49 岁）　大部分样本其颗粒性所见显著消失，变为致密骨质。无波浪也无横纹。尖端有轻至中度改变。微孔性结构也消失。边缘的不规整性增加。耳后部活动中等（图 1—6—9　N、O、S）。

第 7 期（50—59 岁）　表面显著不平整是本期最重要的特征。无横行及其他形式结构。中等颗粒状偶可看到，一般是不存在的。下面下端呈唇状外延超过髂骨体。尖端的改变常见，可能很明显。边缘的不规则性增加。有些例子存在大孔性。大部分例子，耳后部有中度至显著的活动（图 1—6—9　P、Q、R）。

第 8 期（60 岁以上）　最重要的特征是非颗粒性的不规则的表面伴有亚软骨破坏(subchondral destruction) 的明确特征。无横行结构，绝无青年期的特征。约 1/3 的例子可见有大多孔性表现。尖端活动常很显著但并非必备的指征。边缘显著不整呈唇状，并有典型的退行性关节改变。耳后部有界限清楚的弥漫性低度至中度凸凹不平的骨赘（图 1—6—9　T）。

除在妇女有明显的耳前部发育外，上述各期并无两性差异。作者强调如在耳前缘和尖端部看到的年龄性变化是主要的，则在估价年龄时应予以忽略。

（贾静涛）

第七节　根据躯干骨推断年龄

一、根据胸骨推断年龄

随着年龄的增长，胸骨出现一些很明显而又有规律的形态变化。根据这些形态变化，可以较准确地判定死者的年龄。这些与年龄有关的形态变化，其时间跨度基本上与耻骨联合部的变化相同。在根据大体形态变化推断年龄的方法中，其准确性仅次于耻骨联合部和牙齿。而且其取材和检材的处理上，都较耻骨容易。所以，胸骨是推断年龄的重要材料之一。

关于胸骨的年龄变化，张继宗（1988）和肖冬根等（1987）已做了研究报道，但材料均为男性。胸骨的形态变化具有一定的性别差异。男性胸骨的形态变化可以分为以下几个方面：

（一）胸骨柄"V"形骨脊及其外下方凹窝

随着年龄的增长，在胸骨柄腹侧面光滑平面的中上部，逐渐出现"V"形骨脊。这条骨脊在27岁左右以前不存在，27岁以后逐渐出现并明显，其两侧外下方也随"V"形骨脊的逐渐隆起而逐渐相对凹陷；40岁以后，"V"形骨脊及其外下方凹陷非常显著。

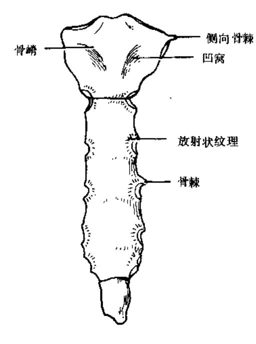


图1—6—10　男性胸骨的形态结构

（二）胸骨体腹侧面放射状纹理

28岁以前，腹侧面非常光滑；28岁左右以后，在肋切迹周围，逐渐出现放射状纹理（图1—6—10），并愈来愈向中线处发展；到40岁以后，纹理延伸至中线，两侧汇合；50岁以后，放射状纹理在起始处形成隆起线。

（三）胸骨体背侧面骨质

在30岁以前，此部位的骨质光滑致密；30岁以后，首先在胸骨体的下部出现局限性小孔区，表面略有下凹；40岁左右，这种退行性变化达到高峰，呈现局限性蜂窝状骨质疏松，并向上蔓延；骨质疏松处下凹明显；55岁以后，胸骨中部甚或上部亦出现蜂窝状骨质疏松，下端的凹陷非常显著。

（四）柄体关节缘及第二胸肋关节缘

18岁以前，柄体关节缘微有缺失或刚刚形成，第二胸肋关节缘尚未完全完成；21岁时，第二胸肋关节缘完全形成；25岁左右时，柄体关节缘（包括第二胸肋关节缘）开始出现少数低钝的棘突；32岁左右时，柄体关节缘的棘突较多；35岁以后，柄体关节面出现蜂窝状的改变，关节缘增厚，开始有外翻倾向；40岁左右时，关节缘出现小孔状缺损；45岁左右时，关节缘呈唇状向外翻卷，偏离关节面，边缘呈锯齿状；55岁左右时，关节缘外翻并破损成串珠状。

（五）第三至第六胸肋关节缘

25岁以前，胸肋关节缘尚未完全形成，前后观呈"V"形。27岁左右时，胸肋关节缘已形成，较圆钝、前后缘开始隆起；31岁左右以后，胸肋关节缘上下端形成尖锐的突起，呈鱼嘴样；36岁左右以后，关节缘棘突增多，边缘不规则；45岁左右以后，关节缘

开始出现小的缺损；60 岁左右，关节缘缺损增多，呈锯齿状。

张继宗（1988）对 120 例汉族男性（19—74 岁）干燥胸骨进行了研究，在诸多形态变化中选出三项指标，即胸肋关节缘、柄体关节缘和胸骨体背侧面骨质。根据这三个部位在不同年龄的形态表现，将其变化分为 6 个等级（表 1—6—26）。

表 1—6—26　　胸骨变化分级及其与年龄的关系

形态变化	分级	年龄范围	95%可信区间
胸肋关节缘尚未完全形成，前后观呈“V”形。柄体关节缘微有缺失或刚刚形成，外观光滑。胸骨体背面骨质光滑致密。	1	19—25	21.3—23.5
胸肋关节缘已形成，柄体关节缘开始出现小突起。胸骨体背面骨质同上。	2	25—28	24.4—27.6
胸肋关节缘上下端形成尖锐的突起。柄体关节缘突起明显增多。胸骨体背面骨质同上。	3	30—34	31.5—33.7
胸肋关节缘突起增多。柄体关节面有蜂窝状改变，关节缘增厚，开始有外翻倾向。胸骨体背面下端开始出现骨质疏松。	4	35—40	36.3—38.1
胸肋关节缘开始出现小的缺损。柄体关节缘唇状向下翻卷，偏离关节面。胸骨体背面骨质同上。	5	45—53	48.1—53.1
胸肋关节缘多处破损，呈锯齿状。柄体关节缘外翻并破损呈串珠状。胸骨体背面骨质全部呈蜂窝状改变。	6	56—74	59.8—65.5

经多元回归分析后，得出根据这三个指标推断年龄的回归方程：

$Y=15.0+3.5X_1+1.7X_2+0.8X_3$。

式中，X_1 为胸肋关节面分级级数，X_2 为柄体关节面分级级数，X_3 为胸骨体背面骨质分级级数。标准差为 2.51。

本方程中所引用的变量较少，有一些与年龄相关的形态变化没被引入；而且方程只有一个，一旦由于变量缺失（如柄体愈合时，X_2 变量缺失），回归方程即无法应用。

肖冬根等就 74 例汉族男性胸骨（19—48 岁）的形态变化选定 37 个指标并做分级（表 1—6—27），经多元线性回归分析，得出推断年龄的多元回归方程：

$Y=10.78+0.82X_1+0.85X_2+0.80X_3+0.38X_4+2.51X_5+0.64X_6+3.02X_7\pm2.45$（岁）

统计研究表明，胸骨孔（有人称之为“骨化孔”）、剑体愈合和柄体愈合出现的时间与年龄的关系不大，在 20 岁以后呈随机分布。值得注意的是，柄体愈合的发生率很高（27%）。柄体愈合，使 X_3 变量的评分无法进行，影响回归方程的使用。对此，肖冬根等以一个经验评分表加以弥补（表 1—6—28）。如柄体愈合，可评出除 X_3 以外的其它六个变量的级分，然后按其总和确定 X_3 的级分，再代入方程计算。

表 1—6—27　　男性胸骨各形态变化分级评分标准

变量	形态特点	评分	形态变化
X_1	胸骨柄腹侧面中上部"\/"形骨脊及其外下方凹陷	1	无
		2	骨脊可见，凹陷不明显
		3	骨脊及凹陷均明显
X_2	第一肋切迹上部侧向骨突	1	无
		2	有
X_3	柄体结合面周缘及第二肋切迹周缘	1	柄体结合面周缘完整或
		2	不完整，第二肋切迹周缘未完全形成
		3	第二肋切迹周缘完全形成出现少数低钝的脊突
		4	周缘唇状外翻，脊突增多
		5	周缘出现少数小孔、小缺口
		6	周缘小孔、小缺口较多，呈锯齿状
X_4	胸骨体腹侧面肋切迹周围放射状骨纹	1	无
		2	有　尚未延伸至中线
		3	延伸至中线，两侧汇合
		4	汇合，并在骨面形成隆起线
X_5	胸骨体背侧面骨质	1	致密，骨面光滑
		2	稍粗糙，下部出现局灶性蜂窝状骨质疏松
		3	粗糙，中部或上部亦出现骨质疏松小孔
X_6	胸骨体背侧面下部骨凹陷	1	无
		2	有，较浅，呈小凹陷
		3	深而明显，呈窝状
X_7	第三至第六肋切迹周缘	1	不完整，前后缘未向腹、背侧面隆起
		2	完整，较圆钝，前后缘稍隆起
		3	周缘唇状外翻，出现少数棘突
		4	棘突增多，边缘不规则
		5	周缘出现小孔、小缺口
		6	缺口较多，呈锯齿状，腹侧面唇状隆起断续，呈分组状

表 1—6—28　变量 X_3 的评分表

ΣX (1, 2, 4, 5, 6, 7)	X_3
6—8	2
9—11	3
12—13	4
14—18	5
19—21	6

二、根据锁骨推断年龄

锁骨形态有一定的年龄变化，主要表现在胸骨端和肩峰端。关于未成年期锁骨长度与年龄的关系，目前尚未见报导。但形态变化与年龄的关系，国内外早已有研究。

Szilvassy（1980）将锁骨胸骨端的形态变化分为 3 期：

第 1 期　（18—20 岁）：有明显的颗粒状凹陷及横脊。

第 2 期　（21—25 岁）：关节面光滑，出现一圈距关节面边缘约 1—2mm 的锐缘线。

第 3 期　（26—30 岁）：表面完全光滑，缘线消失。

实践结果表明，锁骨胸骨端的年龄变化并不如此规律，而且“锐缘线”这种现象很少见到。

吴新智等（1984）对广西地区汉族人干燥锁骨进行了研究，发现胸骨端和肩峰端的形态都具有年龄变化。根据观察，将形态变化分为 5 种情况。

1. 锁骨胸骨端是否呈颗粒状凹陷　在 23 岁以前，胸骨端的骨骺尚未与骨干愈合，骨干的胸骨端呈颗粒状凹陷，诸凹陷间之间隔的顶端高而锐利。从 24 岁开始，此间隔之顶端变钝消失。从 28 岁起，这些凹陷完全消失。

2. 胸骨端是否可见骨骺小片（即胸骨端骨骺部分骨化与骨干愈合）　22 岁以前，没有任何骨骺小片粘附于胸骨端。23—29 岁，大多数标本有骨骺小片粘附于胸骨端。31—33 岁，偶而可见到这种情况。

3. 锁骨胸骨端关节面是否光滑（即胸骨端骨骺完全骨化且与骨干愈合）　24 岁以前，关节面不光滑。29 岁以后，关节面光滑。25—28 岁呈过渡状态。

4. 肩峰端面是否凹凸不平（即肩峰端骨骺全部骨化并与骨干愈合）　19 岁以前，由于骨骺尚未愈合，故有凹凸不平的小面。25 岁以后，这种小面消失。20—24 岁，此种小面或有或无。

5. 锁骨胸骨端下缘的骨质增生　从 26 岁起，此处开始出现骨质增生，50 岁以后出现率较高。但骨质增生的强度并不随年龄增长而增大。

张继宗等（1989）通过对 125 副汉族男性（年龄范围为 17—73 岁）干燥锁骨的研究，提出锁骨年龄变化的分级评分方法及其标准。根据锁骨胸骨端的关节面及其关节缘、肩

峰端关节面及其关节缘以及肩峰端背面近关节缘处骨质情况的年龄变化的评分，应用电子计算机求出用锁骨判定年龄的回归方程，使根据锁骨推断年龄的方法更具有了客观性和易行性（表1—6—29)。

表1—6—29　　锁骨年龄变化的分级和评分

观察部位	变量	评分	形态变化
锁骨胸骨端	X_1	1	关节面（骨骺面）呈颗粒状凹陷
关节面		2	出现骨骺小片
		3	骨骺小片呈痕迹状
		4	关节面光滑，向前下翻卷
		5	出现粟粒状小孔
锁骨胸骨端	X_2	1	没有形成
关节缘		2	基本形成
		3	完全形成呈波状弯曲
		4	开始隆起
		5	开始破损
		6	出现骨质突起
锁骨肩峰端	X_3	1	没有形成
关节面		2	形成，表面光滑
		3	开始出现小孔
		4	呈蜂窝状
锁骨肩峰端		1	可见骺线
关节缘		2	开始形成关节缘
		3	关节缘基本形成
		4	关节缘出现小的棘突或破损
		5	关节缘增宽变锐
锁骨肩峰端	X_5	1	光滑
下面近关节		2	开始出现骨质吸收
缘处骨质		3	骨质吸收明显

通过与已知的标本实际年龄相比较，可以发现综合评分（各变量总分）与年龄的关系（表1—6—30)。

表1—6—30　　锁骨综合评分与年龄的关系

综合评分	例数	年龄范围	平均年龄	SD	SE	95%置信区间
10—	28	17—29	23.96	3.1679	0.5987	22.74—25.19
15—	10	26—31	27.40	2.0111	0.6359	25.96—28.84

续表

综合评分	例数	年龄范围	平均年龄	SD	SE	95%置信区间
20—	13	25—36	30.15	3.0509	0.8462	28.31—32.00
25—	12	27—36	30.67	3.1718	0.9156	28.35—32.68
30—	32	30—71	49.28	11.9764	2.1172	44.96—53.60
35—	23	31—73	47.83	12.4304	2.5919	42.45—53.20
40—	7	43—66	59.60	8.1930	3.0967	52.05—67.20

从表可以发现，随着综合评分的增加，平均年龄也增加。综合评分在 30 以下，平均年龄在 49 岁以前，标准差、标准误数值较小，95%置信区间的范围亦较小，即年龄较小时，锁骨形态的年龄变化较明显，进行年龄判定的效果较好。为了确保回归方程的准确性，求回归方程时只采用了 17—50 岁之间的标本的数据。

1. 左右双侧锁骨判断年龄的回归方程

$$Y=13.1613+1.0598LX_1+0.5176LX_2-0.4293LX_3+0.8438LX_4+2.1723LX_5-1.0699RX_1+0.7975RX_2+1.3369RX_3+1.8606RX_4+0.6433RX_5$$

$r=0.8244$　　$s=4.5871$

2. 左侧锁骨判断年龄的回归方程

$$Y=14.2971+2.6182X_1+0.5944X_2+1.1641X_3+0.4331X_4+2.2039X_5$$

$r=0.8086$　　$s=4.6309$

3. 右侧锁骨判断年龄的回归方程

$$Y=11.0145+3.0594X_1+1.2445X_2+0.8203X_3-0.1266X_4+2.8019X_5$$

$r=0.8863$　　$s=3.4837$

式中 Y 值即为推断年龄。

例：1987 年，某市公安局送检一具不全尸骨，其中锁骨一副，要求鉴定年龄、性别及身高。应用本方法评分，左、右均为 $X_1=4$，$X_2=3$，$X_3=2$，$X_4=3$，$X_5=1$。将评分值分别代入上述三个公式，得估计年龄分别为 29.8、32.4 和 31.0 岁。查到身源后得知，死者的实际年龄为 30 岁。

除了根据锁骨的形态变化推断年龄以外，亦可根据胸骨端骨骺愈合情况判定年龄。这种方法亦比较准确，且愈合的年龄跨度也很大。

McKern 和 Stewart 将骨骺愈合分为五级，即 0 级，未愈合；1 级，开始愈合；2 级，积极愈合；3 级，接近愈合，4 级，完全愈合。根据这种分级方法，McKern 和 Stewart 研究了男性锁骨胸骨端骨骺的愈合情况，其结果见表 1—6—31。

表 1—6—31　　男性锁骨胸骨端骨骺愈合的年龄分布（%）

年龄	例数	0	1	2	3	4
11	10	—	—	—	—	—
18	45	90	10	—	—	—
19	52	79	13	8	—	—
20	45	69	28	11	2	—
21	37	36	43	13	8	—
22	24	4	27	39	30	—
23	26		11	43	13	8
24—25	27		3	10	52	37
26—27	25				36	64
28—29	18				31	69
30	11				9	91
31	54					100

（李春彪）

三、根据肋骨末端推断年龄

肋骨的年龄变化早已引起人们的注意。1970 年 Kerley ER 就指出，骨性肋骨末端的形态，在青春期呈波浪形平面，中年期呈边缘锐薄的杯形，老年期则呈不规则形。Iscan，MY 分别对美国白人男女（男 118 例，女 86 例）右侧第四肋末端的形态进行了一系列较细的研究，使这种方法具有了较大的实际应用价值。

男、女两性肋骨末端的形态变化不尽相同，但都可分为 0—8 级：

0 级：关节面平坦，有波浪形骨脊；四周边缘规则；骨质光滑、致密、坚硬。

1 级：关节面开始出现不定形凹陷，波浪形骨脊尚存；边缘仍规则，有的出现浅波浪形凹陷；骨质同上。

2 级：关节面凹陷加深，在其前壁与后壁之间呈“V”形。壁厚而光滑，边缘有波浪形凹陷。骨质同上。

3 级：关节面凹陷进一步加深，呈狭窄的“U”形。壁厚且仍有波浪形凹陷，边缘稍变得不规则。骨质同上。

在女性，壁稍有变薄，边缘波浪形凹陷则明显。同时，前壁、后壁或前后壁的中部开始出现一个半圆形凹陷弧（中央弧）。

4 级：关节面凹陷更深。壁变薄，边缘形态的不规则加剧，已没有一致的波浪形凹陷。骨的重量和密度开始下降，但总体骨质尚好。

在女性，壁开始变薄、外展，边缘的波浪形凹陷及中央弧尚存，但已开始不规则。

5级：关节面凹陷的深度略有增加，但已形成明显的“U”形。壁进一步变薄，边缘开始变得锐利且不规则。波浪形凹陷完全消失，被不规则的骨突起代替。骨质开始退化，出现小孔，密度下降。

在女性，在关节面凹陷的底部，常有一个光滑、坚硬、斑状骨质衬垫出现。边缘锐利、更不规则。波浪形凹陷完全消失，但中央弧仍在。骨质明显变轻，致密和坚硬程度明显下降。

6级：关节面凹陷明显变深变宽。壁薄且锐利，边缘不规则，出现一些相当长的骨突起，尤其在上、下两边。骨明显变轻、变薄；更加多孔，尤其在凹陷处。

在女性，壁边缘薄而外展明显。斑状骨质衬垫变得粗糙、多孔。边缘不规则，中央弧不很明显，出现一些锋利的细突起。骨质松脆。

7级：关节面凹陷变深，呈极宽的“U”形，壁薄而松脆，边缘锋利，不规则，具有许多骨突起。骨质轻、脆，明显多孔。

在女性，由于壁外展显著，故“U”形凹陷的深度没有增加，甚或稍有变浅。凹陷内不规则骨突起增多。中央弧有的仍可见，但骨突起明显增多，包括上、下两边。边缘锋利且不规则。骨质非常轻、薄、松脆。

8级：关节面凹陷非常深，呈极宽的“U”形。凹陷内充满骨突起。壁极薄、极锋利、极松脆。边缘极不规则且突起极多。骨非常轻、薄、松脆和多孔。壁上可出现“窗口”样空洞。

在女性，“U”形凹陷相对变浅，内部充满骨突起。中央弧几乎不见。

男女肋骨末端形态分级所在年龄范围见表1—6—32。

表1—6—32　　形态分级所在年龄范围

性　别	分级	年龄均值	标准差	95%可信范围
男	1	17.3	0.50	16.5—18.0
	2	21.9	2.13	20.8—23.1
	3	25.9	3.50	24.1—27.7
	4	28.2	3.83	25.7—30.6
	5	38.8	7.00	34.4—42.3
	6	50.0	11.17	44.3—55.7
	7	59.2	9.52	54.3—64.1
	8	71.5	10.27	65.0—78.0
女	1	14.0		
	2	17.4	1.52	15.5—19.3
	3	22.6	1.67	20.5—24.7

续表

性　别	分级	年龄均值	标准差	95%可信范围
女	4	27.7	4.62	24.4—31.0
	5	40.0	12.22	33.7—46.3
	6	50.7	14.93	43.3—58.1
	7	65.2	11.24	59.2—71.2
	8	76.4	8.83	70.4—82.3

(Iscan MY)

不仅肋骨末端形态随着年龄的增长而发生明显的变化，而且肋骨脊柱端和肋骨体表面亦有类似的变化。这是张继宗等（1990）通过对 107 具中国汉族男性干燥肋骨标本研究所得出的结论。他们认为，虽然在一般情况下，随着个体年龄的增加，从第一肋到第十二肋均有骨骼形态特征的改变，但第一、第十一和第十二肋的改变不明显，难于进行年龄判定。而第二、三肋、第四至第八肋以及第九、十肋随年龄而发生的变化均较为相似。故张继宗等只选用第二、四、九肋的形态变化进行分级评分（表 1—6—33），然后进行回归分析，得到推断年龄的回归方程（表 1—6—34）。这些方程适用于除第一、十一和十二以外的所有男性肋骨。

肋软骨的骨化程度，在 X 光片上呈现随年龄（20 岁以后）的增长而逐渐增加的趋势（McCormick WF，1980），但其变异范围非常大，就目前研究结果而言，实际应用价值不大。

表 1—6—33　　肋骨年龄变化的观察部位及评分

变量	观察部分	评分	变化特征
X_1	肋骨胸骨端关节面	1	关节面呈锥形凹陷；
		2	锥形凹陷消失，呈小沟嵴状；
		3	小沟嵴消失，开始变光滑；
		4	开始向下凹陷；
		5	向下凹陷呈“V”形；
		6	向下凹陷呈“U”形
X_2	肋骨胸骨端关节缘	1	关节缘尚未形成；
		2	关节缘基本形成；
		3	关节缘开始出现突起；
		4	关节缘开始破损；
		5	关节缘上下极或其中一极出现骨化结节；
		6	关节缘明显增厚；
		7	关节缘有大的骨质突起
X_3	肋骨体表面	1	光滑；
		2	脊柱端开始变粗糙；

续表

变量	观察部分	评分	变化特征
X_3	骨质变化	3	整个骨体开始变粗糙。
X_4	肋小头关节面	1	呈骨骺面，或关节面与肋骨体的溶合面积小于 1/2；
		2	关节面与肋骨体的溶合面积大于 1/2；
		3	关节面与肋骨体完全溶合；
		4	肋小头形成完整的关节面；
		5	关节缘开始出现骨嵴；
		6	肋小头关节缘骨嵴特别明显

表 1—6—34　　根据肋骨判定年龄的回归方程

肋骨	回归方程	R	S	适用范围（岁）
Ⅰ	$y=12.71+1.31$ 左 $X_1+1.19$ 左 $X_2-0.20$ 左 $X_3+0.33$ 左 $X_4+2.16$ 右 $X_1+1.28$ 右 $X_2-0.11$ 右 $X_3+0.19$ 右 X_4	0.9037	3.6589	18—50
Ⅳ	$y=12.05+1.22$ 左 $X_1+2.91$ 左 $X_2+0.27$ 左 $X_3+0.78$ 左 $X_4+1.12$ 右 $X_1+1.79$ 右 $X_2-0.20$ 右 $X_3+0.11$ 右 X_1	0.8859	3.7401	19—45
	$y=15.58+1.32$ 左 $X_1+1.02$ 左 $X_2+1.05$ 左 $X_3+1.68$ 左 X_4	0.9662	2.5342	19—45
	$y=15.19+0.98$ 右 $X_1+1.41$ 右 $X_2+0.84$ 右 $X_3+2.14$ 右 X_4	0.8947	2.6724	19—45
Ⅸ	$y=12.89+1.65$ 左 $X_1+0.90$ 左 $X_2+0.35$ 左 $X_3+0.25$ 左 $X_4+3.04$ 右 $X_1+0.80$ 右 $X_2-0.27$ 右 $X_3+0.77$ 右 X_4	0.8561	4.5405	19—50

四、根据椎体推断年龄

椎体的形态结构，随着年龄的增长而发生一些有规律的变化，这些变化主要是退行性的，如椎体的骨化变形、骨质松化等。

据 A. H. Меркулов 研究，发现椎体有下列退行性变化：

19 岁左右：椎体的上下关节面上有放射状骨纹理；

30 岁以前：椎体和椎体间的间隙没有任何变化；

31—40 岁：有时可见第 1、2 腰椎体变形，椎体前面高度减低，椎间间隙有不明显的、

不均一的变小；椎体前部有灶状骨质松化。

41—50 岁：退行性变化明显。椎体变形，椎体前部骨质松化；椎间间隙变小，椎间盘软骨钙化。

51—60 岁：上述改变加重。骨质松化广泛发展，呈大圈状结构；骨小梁在质和量上都有改变，见于椎体各部；第 4、5 腰椎体的透明椎间盘有的可见大块状钙化。

61—70 岁：退行性改变最为明显。骨质松化普遍发展，仅个别例子只在椎体前部有灶状松化；椎体上常见多数软骨性小结；椎间间隙明显缩小。

71 岁以上：骨质松化极度发展，椎体上下面的封闭层不仅变薄，而且广泛中断；骨小梁的量和范围显著减少；海绵质小房增大，椎体变形。

（李春彪）

第八节 根据骨组织学推断年龄

关于骨组织学结构的年龄变化，早在 1936 年就有人发现。经过 50 多年的研究，目前，对骨组织学结构的年龄变化特点已经有了比较全面、细致的了解。

这种方法的优点就在于骨组织学结构变化的渐进性和较长的年龄跨度（从新生儿到老年人），能弥补大体形态变化（如耻骨联合部、胸骨、肋骨等）在老年组准确性低的不足，为老年组骨骼的年龄判定提供了一种较可靠的方法。

根据大体形态变化推断年龄，需要观察的解剖部位完整；而根据骨组织学推断年龄，只要有断骨甚或骨碎片就可以进行。

一、骨组织学年龄变化特点

骨的组织结构随着骨组织的发生、改建，在一生中发生一系列的变化。这些变化主要表现在以下几个方面：

1. 骨单位数　骨单位在镜下很容易识别，因每个骨单位的外界都有一条折光性很强的粘合线。对于老骨单位，只要其周围可见数层结构完整、分层清楚的同心环骨板，外界或多或少地存在粘合线，同样列入骨单位数的计数。随着年龄的增长，骨单位数不断增多（图 1—6—11）。

2. 旧骨单位数　即被破骨细胞吸收破坏的骨单位的残余数。旧骨单位仍有同心性排列的特征，但因不完整面呈同心弓线形，填充在骨单位之间。随着年龄的增长，旧骨单位数也不断地增多（图 1—6—12）。

3. 外环骨板平均相对厚度　在 4 个标准视野内（前、后、内、外），用目镜测微仪分别测量外环骨板厚度，然后将 4 个厚度平均，再以平均厚度与标准视野的宽度（1500μ）相比，即得外环骨板平均相对厚度。此相对厚度随年龄的增长而下降（图 1—6—13）。

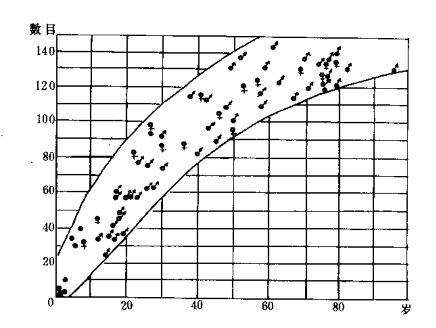


图 1—6—11　骨单位数与年龄的关系（股骨）(Kerley ER, 1978)

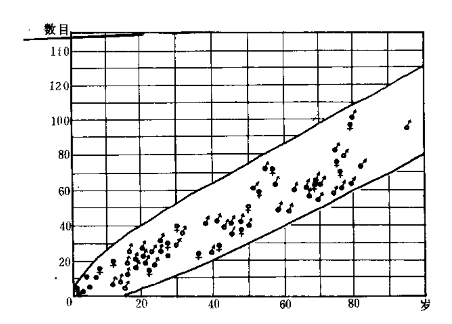


图 1—6—12　旧骨单位数与年龄的关系（股骨）(Kerley ER, 1978)

4. 非哈佛氏管数　包括外环骨板内的原始骨单位数、假哈佛氏系统数及被迅速扩展的皮质包裹的外周小血管数。非哈佛氏管外界无粘合线，很易识别。非哈佛氏管数随年龄的增长而下降（图 1—6—14）。

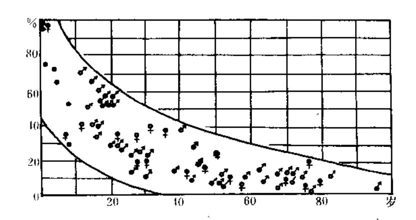


图 1—6—13　外环骨板平均相对厚度与年龄的关系（股骨）(Kerley ER, 1978)

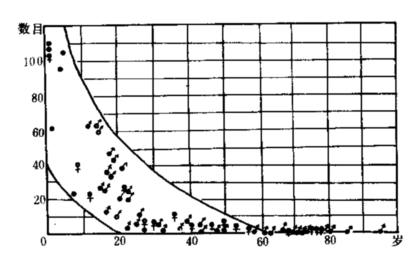


图 1—6—14　非哈佛氏管数与年龄的关系（股骨）(Kerley ER, 1978)

二、根据骨组织结构推断年龄的方法

这种方法所适用的材料，目前多限于四肢长骨中段骨皮质，也有取第 6 肋骨中 1/3 骨皮质者 (Stout, 1986)。取材方法有下面两种：

1. 取中段长骨横断，锯成薄片后制成骨磨片。骨磨片厚度为 85μm。

2. 在中段长骨上，用高速空心骨钻钻取圆柱形骨皮质（直径为 0.4 厘米），然后制成骨磨片。这种方法可使长骨保持完整而不被锯断，较第一种方法更为可取。

骨磨片制成后置 10×10 倍光学显微镜下观察、计数。因为外层骨皮质的组织结构变化比较稳定，故视野区选在前、后、内、外骨外膜下骨皮质处（骨皮质外 1/3 处）（图 1—6—15）。在每个标准视野内，分别计数骨单位数、旧骨单位数、非哈佛氏管数及外环骨板厚度。然后，将前三项的平均值和最后一项的平均相对厚度代入表 1—6—35 公式中计

算年龄。

表 1－6－35　　根据长骨皮质推断年龄的回归方程

部位	变量	回归方程（岁）	标准差
股骨	骨单位数	$Y=2.278+0.187X+0.00226X^2$	9.19
	旧骨单位数	$Y=5.241+0.509X+0.017X^2-0.00015X^3$	6.98
	外环骨板相对厚度	$Y=75.017-1.79X+0.0114X^2$	12.52
	非哈佛氏管数	$Y=58.39-3.184X+0.0628X^2-0.00036X^3$	12.12
胫骨	骨单位数	$Y=-13.4218+0.66X$	10.53
	旧骨单位数	$Y=-26.997+2.501X-0.014X^2$	8.42
	外环骨板相对厚度	$Y=80.934-2.281X+0.019X^2$	14.28
	非哈佛氏管数	$Y=67.872-9.07X+0.044X^2-0.0062X^3$	10.19
腓骨	骨单位数	$Y=-23.59+0.74511X$	8.33
	旧骨单位数	$Y=-9.89+1.064X$	3.66
	外环骨板相对厚度	$Y=124.09-10.92X+0.3723X^2-0.00412X^3$	10.74
	非哈佛氏管数	$Y=62.33-9.776X+0.5502X^2-0.00704X^3$	14.62

(Kerlay，lloelaker 1978)

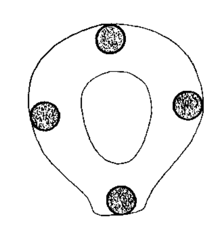


图 1—6—15　四个视野区所在位置
(Kerley ER，1978)

最近，Stout（1988）总结了前人的经验，认为要使本法推定年龄更为准确，应注意以下各点：

1. 所用显微镜观察视野大小以接近 2.06mm² 为宜。

2. 应尽可能遵循原法，包括样本制备、视野位置、放大倍率等。

3. 应取数个骨样，每个骨样制备数个磨片，取其平均估计年龄。

4. 应依 Kerley 等的修正公式，取每个因素或变量回归方程计算结果的平均值，作为估计年龄。

5. 应注意一些病理因素能影响骨单位的重建，因而影响推定年龄的准确性。

（李春彪）

参 考 文 献

1. 张忠尧。耻骨联合面形态变化与年龄鉴定关系上的初步研究。人类学学报　1982；1（2）：132。

2. 张忠尧。耻骨联合面形态学特征与年龄关系的再研究。人类学学报　1986；5 (2) ：130。
3. 张继宗。胸骨的年龄变化。人类学学报　1988；7 (2) ：142。
4. 肖冬根，等。根据胸骨形态变化推算年龄的研究。中国法医学杂志，1987；2 (4) ：210。
5. 吴新智，等。锁骨的年龄变化。人类学学报　1984；3 (1) ：30。
6. 张继宗，等。中国汉族男性锁骨的年龄变化。中国法医学杂志　1989；4 (3) ：134。
7. Iscan MY, et al. Age estimation from the rib by phase analysis: white males. J Forens Sci 1984; 29 (4) : 1094.
8. Iscan MY, et al. Age estimation from the rib by phase analysis: white female. J Forens Sci 1985; 30 (3) : 853.
9. Kerley ER. The microscopic determination of age in human bone. Am J Phys Anthrop 1965; 23 : 149.
10. Stout SD. The use of histomorphology to estimate age. J Forens Sci. 1988; 33 (1) : 121.
11. Kerley ER, Ubelaker DH. Revisions in the microscopic method of estimating age at death in human cortical bone. Am J Phys Anthrop 1978; 49 : 545.
12. Krogman WM, Iscan MY. The human skeleton in forensic medicine. 2nd ed. Springfield: Thomas, 1986 : 50—105.
13. Zhang ZY, et al. Estimation of pubic age among Chinese Han people by means of multiple stepwise progressive analysis. Jpn J Legal Med 1989; 43 (5) : 416.
14. 刘武，等。应用多元分析法判断中国人（男性）耻骨联合面年龄的研究。人类学学报　1988；7 (2) ：147。
15. El-Najjar MY, McWilliams KR. Forensic anthropology. Springfield: Thomas. 1978.
16. 瀬田，吉野。白骨死体の鑑定。東京：令文社。1990.
17. 大国勉．歯や骨からの個人識別。東京：フリープレス1990.
18. 赵鸿举、张继宗。髎缝的年龄变化。中国法医学杂志。1988；3 (1) ：25—27。

第七章　根据骨骼推算身高

第一节　概　　述

在无名白骨化尸骨案件中，或在尸体被支解后仅残留部分肢体的案件中，常常要求法医工作者对死者做出生前身高的推算。在遇到完整的尸骨时，则根据解剖学方位排列

后，即可较准确地推算出死者的生前身高。但在遇到不完整尸骨，或仅有残骨时，则需要根据计算公式来推算死者的生前身高。

无论是根据完整尸骨推算身高，还是根据不完整尸骨，或残存的（已被破坏）尸骨推算身高，都需要注意以下问题：

1. 生前与死后的身高不同。一般认为，死后的身高比生前的身高高出 10—20mm（平均高出 17mm）。

2. 身高与年龄有一定的相关性。一般认为，一个人的最大身高约在 18—20 岁之间。据 Trotter 认为，人体自 30 岁以后，每年萎缩变短 0.6mm，即每 20 年间要降低 12mm。据此，对 30 岁以后的人，应从推算出的身高总值，减去每年缩短的 0.6mm。

但据另一些学者认为，人体至性成熟期（男 23—25 岁，女 20—23 岁）时，骨骼停止生长，直至 40—45 岁止，为骨骼生长的稳定期。以后，由于椎间盘的弹性丧失，在 40—45 岁以后的 10 年间，每年身高要缩短 5mm。再后，每年要缩短 4.5mm。还有人认为，24—30 岁间，身高可增长 10mm.

3. 身高有明显的两性差异（表 1—7—1、2）。

4. 身高有种族、民族、地区，以及个体差异（表 1—7 1、2）。

5. 长骨有明显或不明显的侧别差异。差异较大的主要见于下肢骨。如我国有 45％的人，左侧股骨比右侧股骨平均长 3.9±1.0mm。34％的人，右侧股骨比左侧股骨平均长 4.1±1.1mm。54％的人，右侧胫骨比左侧平均长 3.8±1.0mm。25％的人，左侧胫骨比右侧平均长 2.91±0.8mm。若以同一侧股骨＋胫骨为一个长度值时，则两侧相等。故以同一侧两骨长度之和计算时，可不考虑侧别差异。

6. 一般由上肢骨长度推算身高的估计误差大于由下肢骨长度的推算结果，大都以由股骨长度推算身高的误差为最小。因此在实际应用时股骨常是首选的对象。

根据张振标（1988）调查 16 个省、市、自治区的汉族人群的身高平均值如表 1—7—1。同时调查上述地区中 11 个少数民族人群的身高平均值结合文献已报道的共 23 个少数民族人群的身高平均值如表 1—7—2。

表 1—7—1 中国各地区汉族身高的平均值 （单位：毫米）

地区	男性			女性			调查日期
	例数	平均值	标准差	例数	平均值	标准差	(年)
黑龙江	261	1678.6	60.18	118	1576.6	59.92	1980
吉林	425	1673.0	52.32	277	1565.2	50.62	1980
辽宁	87	1672.0	50.34	31	—	—	1980
北京	188	1676.3	56.72	145	1567.3	59.26	1979
河北	397	1670.1	58.12	267	1563.3	50.15	1979
陕西	344	1671.2	57.47	127	1572.5	52.97	1980

续表

地区	男性			女性			调查日期
	例数	平均值	标准差	例数	平均值	标准差	(年)
山东	682	1673.4	59.47	305	1575.4	51.24	1979
江苏	532	1669.3	57.57	219	1556.3	48.78	1979
湖南	516	1654.8	58.41	420	1554.0	51.24	1980
湖北	225	1662.0	59.85	172	1557.0	52.24	1980
福建	304	1662.6	58.11	154	1558.4	52.67	1980
广东	422	1645.7	60.41	167	1544.4	53.34	1980
广西	385	1633.6	52.76	139	1522.4	54.59	1980
云南	300	1654.7	59.38	207	1555.4	60.74	1980
四川	293	1620.0	57.07	222	1519.1	53.13	1980
贵州	387	1613.3	60.70	174	1502.0	46.42	1980
全体平均	—	1658.2	57.42		1552.6	52.50	

表 1—7—2　　各少数民族身高的平均值　　(单位：毫米)

民族	男性		女性	
	例数	平均值	例数	平均值
黎族	470	163.01	137	1540.0
壮族	245	1635.0	61	1551.0
布依族	122	1584.8	50	1485.9
彝族	56	1647.6	22	1569.4
朝鲜族	236	1643.0	177	1547.3
蒙古族	97	1690.0	61	1588.5
藏族	113	1670.0	41	1541.0
回族	58	1684.9	20	1560.8
维吾尔族	91	1692.4	29	1598.4
哈萨克族	47	1696.0	13	1563.5
锡伯族	130	1697.3	90	1584.5
达斡尔族	144	1647.7	—	—
赫哲族	52	1667.0	58	1553.2
鄂温克族	211	1644.2	255	1520.7
鄂伦春族	72	1597.9	117	1482.8
基诺族	375	1560.2	282	1453.4
布朗族	352	1561.4	235	1462.9

续表

民族	男性		女性	
	例数	平均值	例数	平均值
哈尼族	131	1596.0	160	1490.4
傣族	274	1609.2	286	1518.6
白族	375	1638.3	398	1529.0
瑶族	155	1575.9	85	1488.4
土家族	896	1592.6	496	1487.6
苗族	86	1551.0	50	1460.0
全体平均		1634.6		1529.4

第二节　根据完整的全套骨骼长度推算身高

当送检或现场发现完整的全套骨骼时，一般只需将每块尸骨按其人体的解剖学方位排列后；测得全套骨骼的总高度，再加上5厘米的软组织（包括椎间盘）的厚度，即可知死者的生前身高。

为了减少计算上的误差，常根据Fully（1956）的方法，并认为该法不受种族与性别的限制。其具体步骤如下：

1. 测量下列各项的长度

（1）　颅高　　（2）　各椎骨椎体长的总和

（3）　股骨生理长　　（4）　胫骨生理长

（5）　距骨高与跟骨高之和

2. 计算上述各项长度总和，即为骨骼全长。用下述公式，即可求得死者的生前身高。

身高＝0.98（骨骼全长）＋14.63±2.05cm

3. 如遇有个别椎骨遗失，可用下表的百分值（%）换算。

表1—7—3　每个椎骨占脊柱总长的比值（Fully）

颈椎	胸椎		腰椎
C_2　7.80	T_1 3.41	T_7　4.19	L_1　5.53
C_3　2.80	T_2 3.61	T_8　4.24	L_2　5.62
C_4　2.73	T_3 3.72	T_9　4.35	L_3　5.66
C_5　2.66	T_4 3.83	T_{10}　4.61	L_4　5.63
C_6　2.67	T_5 3.98	T_{11}　4.96	L_5　5.76
C_7　2.95	T_6 4.10	T_{12}　5.23	

注：使用本表，遗失的椎骨总高不可超过脊柱全长的20%。

（孙尔玉）

第三节　根据完整的长管状骨长度推算身高

一、中国汉族男性身高推算公式

根据公安部所属江西、云南、贵州、广西、山东、安徽、河北、青海、吉林等九省区公安厅及上海复旦大学人类学研究室合组长骨推算身高研究小组，对上述九省收集的已知生前身高和死后身长的汉族成人男性骨骼472具，应用数理统计方法，计算出下列由长骨推算身高的一元和多元回归方程式（引自邵象清人体测量手册)。据认为，下列各项方程式，适用于河北、山东、安徽、广西、云南、贵州、吉林、青海、江西等九省区汉族成人男性，也适用于国内其他地区的汉族成人男性，由四肢长骨的长度对生前身高的推算。

1. 从肱骨最大长推算生前身高的一元回归方程，如表1—7—4：

表1—7—4　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y=826.39+2.66肱骨最大长±41.31	Y=744.62+2.91肱骨最大长±40.13
31—40	Y=704.10+3.05肱骨最大长±46.01	Y=751.77+2.88肱骨最大长±44.24
41—50	Y=679.24+3.15肱骨最大长±43.62	Y=685.92+3.11肱骨最大长±41.37
51—60	Y=817.29+2.68肱骨最大长±51.60	Y=808.85+2.67肱骨最大长±41.38

2. 从肱骨全长推算生前身高的一元回归方程，如表1—7—5：

表1—7—5　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y=983.54+2.18肱骨全长±45.53	Y=684.83+3.16肱骨全长±40.16
31—40	Y=684.86+3.16肱骨全长±45.42	Y=761.76+2.89肱骨全长±44.48
41—50	Y=647.20+3.30肱骨全长±42.37	Y=649.86+3.29肱骨全长±41.09
51—60	Y=826.04+2.69肱骨全长±42.23	Y=1096.31+1.76肱骨全长±46.62

3. 从桡骨最大长推算生前身高的一元回归方程，如表1—7—6：

表1—7—6　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y=827.08+3.49桡骨最大长±41.36	Y=880.65+3.23桡骨最大长±41.85
31—40	Y=870.15+3.30桡骨最大长±48.38	Y=885.91+3.22桡骨最大长±46.58
41—50	Y=791.35+3.65桡骨最大长±42.10	Y=821.69+3.49桡骨最大长±45.69
51—60	Y=905.61+3.11桡骨最大长±44.69	Y=898.05+3.14桡骨最大长±42.08

4. 从尺骨最大长推算生前身高的一元回归方程，如表1—7—7：

表 1—7—7　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y＝928.21＋2.86 尺骨最大长±44.68	Y＝886.51＋3.00 尺骨最大长±43.13
31—40	Y＝810.19＋3.32 尺骨最大长±47.37	Y＝845.92＋3.15 尺骨最大长±47.11
41—50	Y＝791.40＋3.42 尺骨最大长±43.68	Y＝898.77＋2.95 尺骨最大长±46.73
51—60	Y＝927.23＋2.83 尺骨最大长±45.06	Y＝881.77＋2.99 尺骨最大长±43.84

5. 从股骨最大长推算生前身高的一元回归方程，如表 1—7—8：

表 1—7—8　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y＝643.62＋2.30 股骨最大长±34.81	Y＝644.84＋2.31 股骨最大长±34.86
31—40	Y＝640.21＋2.32 股骨最大长±33.32	Y＝635.64＋2.33 股骨最大长±32.98
41—50	Y＝617.48＋2.36 股骨最大长±31.16	Y＝687.57＋2.20 股骨最大长±32.35
51—60	Y＝784.03＋1.96 股骨最大长±34.30	Y＝780.19＋1.98 股骨最大长±35.85

6. 从胫骨最大长推算生前身高的一元回归方程，如表 1—7—9：

表 1—7—9　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y＝853.39＋2.22 胫骨最大长±38.74	Y＝833.10＋2.28 胫骨最大长±38.13
31—40	Y＝776.34＋2.44 胫骨最大长±38.66	Y＝759.27＋2.49 胫骨最大长±38.02
41—50	Y＝742.77＋2.52 胫骨最大长±36.51	Y＝1033.92＋1.71 胫骨最大长±47.31
51—60	Y＝811.68＋2.33 胫骨最大长±36.93	Y＝810.40＋2.34 胫骨最大长±36.50

7. 从胫骨全长推算生前身高的一元回归方程，如表 1—7—10：

表 1—7—10　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y＝867.53＋2.22 胫骨全长±38.69	Y＝854.36＋2.26 胫骨全长±38.21
31—40	Y＝775.88＋2.47 胫骨全长±36.66	Y＝803.15＋2.40 胫骨全长±38.82
41—50	Y＝746.61＋2.55 胫骨全长±36.59	Y＝754.28＋2.53 胫骨全长±35.86
51—60	Y＝815.64＋2.36 胫骨全长±37.28	Y＝787.80＋2.41 胫骨全长±42.11

8. 从腓骨最大长推算生前身高的一元回归方程，如表 1—7—11：

表 1—7—11　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y＝761.45＋2.54 腓骨最大长±38.05	Y＝762.29＋2.54 腓骨最大长±36.84
31—40	Y＝739.25＋2.59 腓骨最大长±36.35	Y＝703.31＋2.70 腓骨最大长±34.25
41—50	Y＝1 213.21＋1.23 腓骨最大长±51.75	Y＝1 158.70＋1.38 腓骨最大长±50.99
51—60	Y＝807.31＋2.39 腓骨最大长±37.47	Y＝819.76＋2.35 腓骨最大长±39.71

9. 从（肱骨＋桡骨）最大长推算生前身高的一元回归方程，如表 1—7—12：

表 1—7—12　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y＝847.75＋1.47（肱骨最大长＋桡骨最大长）±43.12	Y＝862.07＋1.43（肱骨最大长＋桡骨最大长）±43.15
31—40	Y＝700.09＋1.74（肱骨最大长＋桡骨最大长）±43.49	Y＝796.41＋1.55（肱骨最大长＋桡骨最大长）±42.42
41—50	Y＝613.76＋1.91（肱骨最大长＋桡骨最大长）±39.59	Y＝649.55＋1.83（肱骨最大长＋桡骨最大长）±41.42
51—60	Y＝813.85＋1.52（肱骨最大长＋桡骨最大长）±42.47	Y＝792.90＋1.55（肱骨最大长＋桡骨最大长）±40.18

10. 从（肱骨＋尺骨）最大长推算生前身高的一元回归方程，如表 1—7—13：

表 1—7—13　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y＝768.21＋1.57（肱骨最大长＋尺骨最大长）±41.18	Y＝847.10＋1.42（肱骨最大长＋尺骨最大长）±44.15
31—40	Y＝644.73＋1.78（肱骨最大长＋尺骨最大长）±42.06	Y＝756.66＋1.57（肱骨最大长＋尺骨最大长）±41.692
41—50	Y＝618.20＋1.84（肱骨最大长＋尺骨最大长）±40.80	Y＝668.31＋1.74（肱骨最大长＋尺骨最大长）±41.13
51—60	Y＝821.19＋1.46（肱骨最大长＋尺骨最大长）±42.18	Y＝773.70＋1.53（肱骨最大长＋尺骨最大长）±40.79

11. 从（股骨＋胫骨）最大长推算生前身高的一元回归方程，如表 1—7—14：

表 1—7—14　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y＝777.75＋1.10（股骨最大长＋胫骨最大长）±39.07	Y＝709.37＋1.19（股骨最大长＋胫骨最大长）±36.84
31—40	Y＝663.49＋1.24（股骨最大长＋胫骨最大长）±32.20	Y＝648.96＋1.26（股骨最大长＋胫骨最大长）±31.99
41—50	Y＝616.14＋1.30（股骨最大长＋胫骨最大长）±32.50	Y＝665.74＋1.24（股骨最大长＋胫骨最大长）±34.96
51—60	Y＝725.42＋1.16（股骨最大长＋胫骨最大长）±32.70	Y＝736.44＋1.14（股骨最大长＋胫骨最大长）±34.34

12. 从（股骨＋腓骨）最大长推算生前身高的一元回归方程，如表 1—7—15：

表 1—7—15 (mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y=669.45+1.25（股骨最大长+腓骨最大长）±37.20	Y=673.86+1.25（股骨最大长+腓骨最大长）±36.66
31—40	Y=665.33+1.25（股骨最大长+腓骨最大长）±31.37	Y=640.97+1.28（股骨最大长+腓骨最大长）±30.28
41—50	Y=787.13+1.09（股骨最大长+腓骨最大长）±46.76	Y=784.75+1.10（股骨最大长+腓骨最大长）±39.10
51—60	Y=746.32+1.14（股骨最大长+腓骨最大长）±32.78	Y=740.07+1.15（股骨最大长+腓骨最大长）±36.43

13. 从肱骨最大长和桡骨最大长推算生前身高的二元回归方程，如表 1—7—16：

表 1—7—16 (mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y=800.96+2.32 肱骨最大长+0.55 桡骨最大长±42.10	Y=724.81+2.92 肱骨最大长+0.07 桡骨最大长±40.05
31—40	Y=697.61+1.88 肱骨最大长+1.56 桡骨最大长±43.68	Y=791.67+1.81 肱骨最大长+1.24 桡骨最大长±42.56

14. 从肱骨最大长和尺骨最大长推算生前身高的二元回归方程，如表 1—7—17：

表 1—7—17 (mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y=768.11+1.82 肱骨最大长+1.26 尺骨最大长±41.27	Y=725.56+2.74 肱骨最大长+0.28 尺骨最大长±41.20
31—40	Y=644.53+1.87 肱骨最大长+1.68 尺骨最大长±42.27	Y=756.90+1.81 肱骨最大长+1.28 尺骨最大长±41.88

15. 从股骨最大长和胫骨最大长推算生前身高的二元回归方程，如表 1—7—18：

表 1—7—18 (mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y=764.13+1.24 股骨最大长+0.96 胫骨最大长±39.18	Y=736.98+0.55 股骨最大长+1.88 胫骨最大长±36.11
31—40	Y=655.15+1.77 股骨最大长+0.63 胫骨最大长±31.68	Y=641.74+1.77 股骨最大长+0.67 胫骨最大长±31.53

16. 从股骨最大长和腓骨最大长推算生前身高的二元回归方程，如表 1—7—19：

表 1—7—19　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y=697.15+0.55 股骨最大长 +2.04 腓骨最大长±36.20	Y=705.55+0.47 股骨最大长 +2.12 腓骨最大长±35.30
31—40	Y=660.52+1.54 股骨最大长 +0.91 腓骨最大长±31.39	Y=639.09+1.42 股骨最大长 +1.11 腓骨最大长±30.40

17. 从肱骨最大长、桡骨最大长及尺骨最大长推算生前身高的三元回归方程，如表 1—7—20：

表 1—7—20　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y=761.96+1.83 肱骨最大长+0.004 桡骨最大长 +1.27 尺骨最大长±41.18	Y=740.24+2.72 肱骨最大长－0.03 桡骨最大长 +0.29 尺骨最大长±40.43
31—40	Y=633.68+1.94 肱骨最大长－0.72 桡骨最大长 +2.31 尺骨最大长±42.45	Y=774.99+1.82 肱骨最大长－0.06 桡骨最大长 +1.26 尺骨最大长±41.96

18. 从股骨最大长、胫骨最大长及腓骨最大长推算生前身高的三元回归方程，如表 1—7—21：

表 1—7—21　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y=698.45+0.57 股骨最大长－0.16 胫骨最大长 +2.18 腓骨最大长±36.34	Y=705.57+0.47 股骨最大长+0.01 胫骨最大长 +2.11 腓骨最大长±35.46
31—40	Y=669.99+1.57 股骨最大长－0.52 胫骨最大长 +1.38 腓骨最大长±81.37	Y=644.22+1.50 股骨最大长－0.26 胫骨最大长 +1.27 腓骨最大长±30.39

19. 从肱骨最大长、尺骨最大长、股骨最大长及腓骨最大长推算生前身高的四元回归方程，如表 1—7—22：

表 1—7—22　　(mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y=695.24+0.67 肱骨最大长－0.40 尺骨最大长 +0.40 股骨最大长+1.93 腓骨最大长± 36.55	Y=655.30+1.17 肱骨最大长－0.86 尺骨最大长 +0.26 股骨最大长+2.11 腓骨最大长± 34.14
31—40	Y=660.25－0.45 肱骨最大长+0.02 尺骨最大长 +1.70 股骨最大长+1.08 腓骨最大长± 31.64	Y=694.96－0.50 肱骨最大长－0.06 尺骨最大长 +1.56 股骨最大长+1.27 腓骨最大长± 29.35

20. 从肱骨最大长、桡骨最大长、股骨最大长及胫骨最大长推算生前身高的四元回归方程，如表 1—7—23：

表 1—7—23 (mm)

年龄	左侧	右侧
21—30	Y=677.33+1.25 肱骨最大长-0.001 桡骨是大长+0.89 股骨最大长+0.56 胫骨最大长±38.49	Y=670.96+1.30 肱骨最大长−0.39 桡骨最大长+0.36 股骨最大长+1.42 胫骨最大长±35.09
31—40	Y=654.40−0.42 肱骨最大长+0.28 桡骨最大长+1.89 股骨最大长+0.66 胫骨最大长±81.69	Y=677.81+0.38 肱骨最大长−0.12 桡骨最大长+2.05 股骨最大长+0.65 胫骨最大长±31.85

二、中国华南汉族人的身高推算公式

根据莫世泰（1983）对华南（包括广西、广东、湖南等省）已知生前身高的汉族成年男性骨骼 50 具的研究报道，其结果如下：

1. 身高与长骨最大长的均数、标准差、标准误及相关系数，如表 1—7—24，n=100（单位：cm）。

表 1—7—24

项目	均数（$\bar{X}$）	标准误（$s\bar{x}$）	标准差（s）	相关系数（r）
身高	160.91	0.712	5.46	
肱骨	30.58	0.149	1.49	0.836
桡骨	23.50	0.183	1.28	0.568
尺骨	25.37	0.193	1.36	0.516
股骨	43.01	0.286	2.01	0.679
腓骨	34.76	0.263	1.84	0.913
胫骨	35.54	0.182	1.82	0.778
肱+桡骨	54.08	0.442	3.09	0.901
肱+尺骨	55.95	0.386	2.71	0.509
股+腓骨	77.77	0.638	4.47	0.561
股+胫骨	78.64	0.589	4.12	0.795

2. 由各长骨长度推算生前身高的回归方程：

估计身高（Y）=a+bx±sx·y（单位：cm）

Y=74.91+2.82×肱骨长±3.53

Y=92.23+2.93×桡骨长±3.78

Y=93.65+2.66×尺骨长±4.19

Y=81.58+1.85×股骨长±3.74

Y=83.28+2.24×腓骨长±3.74

Y=86.53+2.10×胫骨长±3.82

Y=77.30+1.55×（肱骨长+桡骨长）±3.46

Y=73.31+1.57×（肱骨长+尺骨长）±3.55

Y=77.17+1.08×（股骨长+腓骨长）±3.54

Y=79.47+1.04×（股骨长+胫骨长）±3.65

三、中国西南汉族人的身高推算公式

根据王永豪、翁嘉颖等（1979）对西南地区汉族成人男性尸骨的统计报道，其计算由长骨推算身高的回归公式如下：

$\hat{Y}$=3.48×肱骨最大长+55.54±4.01cm

=3.58×桡骨最大长+78.89±4.30cm

=3.38×尺骨最大长+78.39±4.40cm

=1.84×（肱骨最大长+桡骨最大长）+62.95±3.98cm

=1.84×（肱骨最大长+尺骨最大长）+60.15±4.07cm

=2.52 股骨生理长+54.69±3.59cm

=2.80 胫骨最大长+64.33±3.58cm

=2.68 腓骨最大长+69.85±3.64cm

=1.42（股骨生理长+胫骨最大长）+52.08±3.28cm

=1.42（股骨生理长+腓骨最大长）+52.67±3.34cm

四、中国华北汉族人的身高推算公式

根据 P. H. Steveson（1929）48 具华北汉族人男性完整的长管状骨推算身高公式：

身高（cm）=61.72+2.44 股骨±2.18

=81.51+2.81 肱骨±2.89

=59.23+3.03 胫骨±1.89

=80.03+3.74 桡骨±2.68

=54.25+1.43（股骨+胫骨）±1.92

=55.39+0.60 股骨+2.40 胫骨±1.86

=63.49+1.92（肱骨+桡骨）±2.65

=64.43+1.31 肱骨+2.69 桡骨±2.57

=59.78+2.34 股骨+0.20 肱骨±2.17

=57.20+2.86 胫骨+0.34 桡骨±1.88

=52.26+0.66 股骨+2.21 胫骨−0.10 肱骨+0.45 桡骨±1.82

（各骨仅用右侧的最大长）

（孙尔玉）

第四节　根据颅围及其他骨推算身高

一、根据颅围推算身高

1. 根据彭书琳、朱芳武（1983）对华南地区具有生前身高记载的成年男性 70 具完整骨骼统计报道：

（1）身高均值：161.63±0.700cm

（2）颅围均值：50.80±0.158cm

（3）由颅围推算身高的回归方程：

$\hat{Y}$=1.32 颅围+94.73±5.63cm

2. 根据王雄文、马季春在广西地区调查 48 例颅围与身高关系的报道：（单位：cm）

（1）身高均值：162.1±1.29，范围：155.7—170.0

（2）颅围均值：50.8±0.33，范围：48.0—53.5

（3）颅围与身高之比：1∶3.2

（4）由颅围推算身高的回归方程：

$\hat{Y}$=0.826 颅围+119.1cm

王雄文等还就广西籍男性（活体）500 例研究了头围与身高的关系。其 21—30 岁组（100 例）平均身高 163.8±5.1cm，头围 54.6±1.34cm，头围与身高之比为 1∶30。由头围推算身高的回归方程为：

$\hat{Y}$=1.41 头围+86.65cm

二、根据脊柱长度推算身高

1. 根据Дуайт 的报道：

（1）测量骶前脊柱的长度，即在骶前脊柱的腹侧，测量上自枢椎的齿突尖，下至第 5 腰椎体的下缘的长度。

（2）将测得的数据乘以下列系数，即为所求得的尸体身高。

表 1—7—25

男性		女性	
脊柱长（mm）	系数	脊柱长（mm）	系数
569 以下	2.93	539 以下	2.94
570—599	2.84	540—569	2.82
600—629	2.78	570—599	2.79
630—659	2.79	600 以上	2.76
660 以上	2.65		

2. 根据寺沢浩一、高取健彦等（1985）对已知性别、年龄的日本成人男（43）、女（24）解剖例统计报道：

（1）身高：

男平均值：165.10±6.77cm

女平均值：151.88±6.36cm

（2）脊柱长的测量：沿骶前脊柱的前方，用钢制卷尺测量上自咽穹顶，下至骶骨岬的长度。

男平均值：63.58±3.17cm

女平均值：57.54±2.57cm

（3）由脊柱长推算身长的回归方程：

男：Y=1.67·x+58.87±4.28cm

女：Y=1.67·x+55.84±4.79cm

三、根据髋骨推算身高

1. 根据丁细藩、莫世泰等（1988）对华南地区具有生前身高记载的成年汉族男性50具完整骨骼统计报道：

（1）身高：163.01±4.274cm

（2）髋骨最大长：左侧为20.60±0.813cm，右侧为20.52±0.773cm，两侧均值为20.56±0.785cm。

（3）由髋骨最大长推算身高的回归方程：

左侧：$\hat{Y}$=121.60+2.01左侧髋骨最大长±4.00

右侧：$\hat{Y}$=118.28+2.18右侧髋骨最大长±3.98

两侧均值：$\hat{Y}$=119.01+2.14两侧最大长均值±3.98

2. 根据彭书琳、朱芳武（1983）对华南地区具有生前身高记载的成年男性70具完整骨骼统计报道：

（1）身高：161.63±0.700cm

（2）髋骨最大长：左侧为20.38±0.101cm，右侧为20.31±0.097cm，两侧均值为20.35±0.098cm。

（3）由髋骨最大长推算身高的回归方程：

左侧：$\hat{Y}$=4.27左侧髋骨最大长+74.6±4.65

右侧：$\hat{Y}$=4.11右侧髋骨最大长+78.07±4.84

两侧均值：$\hat{Y}$=4.29两侧均值+74.29±4.71

四、根据骶骨推算身高

根据张继宗、舒永康等（1988）对中国广西（47具）、云南（27具）、贵州（20具）及江西（14具）已知生前确切身高及年龄的健康成年汉族男性干燥骶骨（总计108具）的调查结果报道：

1. 骶骨测量统计

表1—7—26　(cm)

X	项目	均值	标准差
X_1	骶骨弧	11.5570	0.8062
X_2	骶骨前弦	10.5067	0.7988
X_3	骶骨耳状面长	6.0312	0.4590
X_4	骶骨最大宽	10.0220	0.5721
X_5	骶骨中部宽	8.3890	0.5430
X_6	骶骨上面宽	10.1321	0.7651
X_7	骶骨底横径	3.4710	2.6462
X_8	骶骨底正中矢状径	5.0042	0.4057

2. 由骶骨推算生前身高的回归方程

（1）$Y=69.9128+2.5230X_1+0.3601X_2+1.0448X_3+2.8281X_4+1.0813X_5+1.6485X_6+0.3683X_7+0.6312X_8$

（2）$Y=70.3614+2.4872X_1+0.4315X_2+1.1098X_3+2.8214X_4+1.1221X_5+1.6859X_6+0.6306X_8$

（3）$Y=70.7239+2.8405X_1+1.1283X_3+2.8964X_4+1.0621X_5+1.6629X_6+0.6418X_8$

（4）$Y=74.5955+3.1660X_1+3.3901X_4+1.9737X_6+0.6462X_8$

（5）$Y=85.2743+4.1192X_4+1.7929X_5+1.4269X_6+1.7727X_7+0.5794X_8$

（6）$Y=89.1356+4.2831X_4+1.9512X_5+1.6295X_6+0.5831X_8$

（7）$Y=95.6852+4.9823X_4+1.9054X_6+0.5786X_8$

五、根据胸骨推算身高

1. 根据胡佩儒、赵志远（1987）收集中国北方（北京、沈阳及锦州地区）汉族成年人尸体28具（男15，女13）统计报导：

（1）28具尸体身高及胸骨各部长度的均值和标准差（单位：cm）：

表 1—7—27

项目	性别	均值±标准误	标准差
尸体身高	男	164.00±1.657	6.414
	女	147.54±1.550	5.590
	合计	156.36±1.938	10.253
胸骨全长	男	14.34±0.351	1.360
	女	12.25±0.214	0.770
	合计	13.37±0.273	1.446
胸骨柄长	男	4.93±0.139	0.536
	女	4.38±0.084	0.301
	合计	4.67±0.097	0.515
胸骨体长	男	9.59±0.256	0.992
	女	7.60±0.192	0.694
	合计	8.67±0.241	1.274

（2）由胸骨长度推算尸体身高的回归方程，如表 1—7—28：

表 1—7—28

性别	方程式
男	Ŷ=3.9302 胸骨全长+107.6606±4.6486cm
女	Ŷ=4.4200 胸骨全长+93.3900±4.6200cm
合计	Ŷ=6.1179 胸骨全长+74.5741±5.2779cm
男	Ŷ=6.9260 胸骨柄长+130.1180±5.4276cm
女	Ŷ=10.4431 胸骨柄长+101.7837±4.8269cm
合计	Ŷ=14.1700 胸骨柄长+90.1450±7.3350cm
男	Ŷ=3.6659 胸骨体长+128.8477±5.4836cm
女	Ŷ—4.9335 胸骨体长+110.0341±4.6182cm
合计	Ŷ=6.5220 胸骨体长+99.8400±5.6770cm

2. 根据郑靖中、杨玉田等(1985)调查 1980 年西安市在校汉族学生男 863 人，女 722 人，并按性别分组统计结果，如表 1—7—29、30：

表 1—7—29　　胸骨长的测量统计　　单位：cm

年龄（岁）	性别	最小值	最大值	均值	标准差	标准误
16	男	14.00	18.30	16.53	0.96	0.13
	女	13.40	18.10	15.81	0.72	0.07
17	男	14.20	18.80	16.79	0.89	0.07
	女	13.80	19.50	16.04	0.92	0.07

续表

年龄（岁）	性别	最小值	最大值	均值	标准差	标准误
18	男	14.10	19.40	16.97	0.88	0.07
	女	13.40	17.80	16.10	0.89	0.08
19	男	14.70	20.80	17.22	1.05	0.09
	女	14.50	19.40	16.14	1.00	0.11
20	男	14.40	20.20	17.25	0.93	0.07
	女	15.00	18.70	16.26	0.84	0.10
21—22	男	14.50	20.60	17.30	1.07	0.09
	女	14.30	19.70	16.72	1.18	0.12
23—24	男	15.00	20.30	17.59	1.04	0.10
	女	14.20	19.10	16.69	1.22	0.13

表 1—7—30　　由胸骨长（x）推算身高（$\hat{Y}$）的回归方程　　单位：cm

年龄（岁）	性别	回归方程
16	男	$\hat{Y}=2.43x+126.94$
	女	$\hat{Y}=1.63x+130.53$
17	男	$\hat{Y}=2.56x+124.74$
	女	$\hat{Y}=1.11x+140.79$
18	男	$\hat{Y}=2.40x+128.41$
	女	$\hat{Y}=1.75x+133.39$
19	男	$\hat{Y}=2.83x+121.47$
	女	$\hat{Y}=1.79x+128.77$
20	男	$\hat{Y}=3.11x+112.92$
	女	$\hat{Y}=1.69x+131.47$
21—22	男	$\hat{Y}=2.76x+122.64$
	女	$\hat{Y}=1.52x+134.42$
23—24	男	$\hat{Y}=2.15x+132.58$
	女	$\hat{Y}=0.56x+149.93$

六、根据锁骨、肩胛骨推算身高

1. 根据彭书琳、朱芳武（1983）对华南地区 70 具成年男性完整尸骨统计报道，采用锁骨最大长，导出推算该地区成年男性生前身高的回归方程如下：

（1）身高均值：161.63±0.700cm

（2）左侧锁骨最大长均值：14.68±0.91cm

回归方程：$\hat{Y}=1.99\cdot x+130.42\pm5.61$

（3）右侧锁骨最大长均值：14.45±0.81cm

回归方程：$\hat{Y}=2.66\cdot x+124.2\pm5.24$

（4）两侧锁骨最大长均值：14.57±0.84cm

回归方程：$\hat{Y}=2.73\cdot x+121.92\pm5.44$

2. 根据丁细藩、莫世泰（1988）对华南地区 50 具成年汉族男性完整尸骨统计报道，采用锁骨最大长，导出推算该地区成年汉族男性生前身高的回归方程如下：

（1）身高均值：163.01±4.274cm

（2）左侧锁骨最大长均值：14.91±0.865cm

回归方程：$\hat{Y}=140.94+1.48\cdot x\pm4.13$

（3）右侧锁骨最大长均值：14.69±0.811cm

回归方程：$\hat{Y}=130.40+2.22\cdot x\pm3.93$

（4）两侧锁骨最大长均值：14.80±0.824cm

回归方程：$\hat{Y}=135.04+1.89\cdot x\pm4.03$

3. 根据彭书琳、朱芳武（1983）对华南地区 70 具成年男性完整尸骨统计报道，采用肩胛骨形态宽，导出推算该地区成年男性生前身高的回归方程如下：

（1）身高：161.63±0.700cm

（2）左侧肩胛骨形态宽均值：14.70±0.80cm

回归方程：$\hat{Y}=3.83\cdot x+105.36\pm5.04$

（3）右侧肩胛骨形态宽均值：14.70±0.77cm

回归方程：$\hat{Y}=3.63\cdot x+108.29\pm5.18$

（4）左、右两侧肩胛骨形态宽均值：14.70+0.77cm

回归方程：$\hat{Y}=3.84\cdot x+105.24\pm5.09$

七、根据掌骨推算身高

根据贾勉、王遒哲等（1989）对青海省玉树、天峻、刚察地区（海拔 3 000——4 000 米）的 7—18 岁藏族（男 373 人，女 363 人）和汉族（男 368 人，女 364 人）的健康青少年手部第二掌骨 X 光片的研究报道：

（1）藏族第二掌骨长和身高的平均值及由第二掌骨长推算身高的回归方程式如表 1—7—31。

表 1—7—31　　　　单位：cm

年龄组(岁)	男 例数	男 第二掌骨长(cm) $\bar{x}$	男 第二掌骨长(cm) s	男 身高(cm) $\bar{x}$	男 身高(cm) s	男 回归方程 $\hat{Y}=a+bx$	女 例数	女 第二掌骨长(cm) $\bar{x}$	女 第二掌骨长(cm) s	女 身高(cm) $\bar{x}$	女 身高(cm) s	女 回归方程 $\hat{Y}=a+bx$
7	30	4.26	0.19	116.12	5.05	$\hat{Y}=58.01+13.64x$	30	4.15	0.27	113.63	5.12	$\hat{Y}=63.58+12.06x$
8	30	4.44	0.31	120.52	6.59	$\hat{Y}=46.86+16.59x$	30	4.48	0.33	121.33	6.32	$\hat{Y}=55.92+14.60x$
9	30	4.57	0.24	125.48	5.22	$\hat{Y}=56.85+15.02x$	30	4.53	0.27	121.60	6.21	$\hat{Y}=42.28+17.51x$
10	30	4.85	0.29	129.57	5.77	$\hat{Y}=81.99+9.81x$	30	4.86	0.28	128.53	6.96	$\hat{Y}=46.59+16.86x$
11	31	4.97	0.26	131.61	5.98	$\hat{Y}=63.72+13.66x$	30	5.00	0.33	133.80	8.53	$\hat{Y}=44.65+17.83x$
12	30	5.15	0.30	138.15	5.57	$\hat{Y}=71.67+12.91x$	31	5.41	0.37	141.66	7.65	$\hat{Y}=63.97+14.36x$
13	31	5.40	0.44	142.53	8.04	$\hat{Y}=74.13+12.67x$	30	5.61	0.31	147.45	7.66	$\hat{Y}=48.65+17.61x$
14	32	5.62	0.38	149.03	9.90	$\hat{Y}=31.09+20.99x$	30	5.83	0.30	150.23	6.46	$\hat{Y}=57.52+15.90x$
15	30	5.95	0.42	154.33	7.28	$\hat{Y}=89.99+10.81x$	30	5.87	0.24	152.77	3.83	$\hat{Y}=84.81+11.58x$
16	31	6.08	0.39	158.81	7.67	$\hat{Y}=58.07+16.57x$	32	6.02	0.33	154.83	4.69	$\hat{Y}=106.01+8.11x$
17	33	6.31	0.29	162.33	6.22	$\hat{Y}=89.64+11.52x$	30	6.02	0.35	155.97	5.31	$\hat{Y}=89.45+11.05x$
18	35	6.53	0.45	166.52	6.40	$\hat{Y}=100.90+10.05x$	30	6.11	0.29	157.75	5.47	$\hat{Y}=103.74+8.84x$

(2) 汉族第二掌骨长和身高的平均值及由第二掌骨长推算身高的回归方程式如表1—7—32：

表 1—7—32　　　　单位：cm

年龄组(岁)	男 例数	男 第二掌骨长(cm) $\bar{x}$	男 第二掌骨长(cm) s	男 身高(cm) $\bar{x}$	男 身高(cm) s	男 回归方程 $\hat{Y}=a+bx$	女 例数	女 第二掌骨长(cm) $\bar{x}$	女 第二掌骨长(cm) s	女 身高(cm) $\bar{x}$	女 身高(cm) s	女 回归方程 $\hat{Y}=a+bx$
7	30	4.12	0.25	114.38	4.07	$\hat{Y}=64.65+12.07x$	30	4.18	0.28	114.72	4.13	$\hat{Y}=74.25+9.68x$
8	30	4.43	0.31	120.06	6.00	$\hat{Y}=48.21+16.22x$	30	4.32	0.28	117.76	5.01	$\hat{Y}=61.72+12.97x$
9	30	4.56	0.27	123.50	5.50	$\hat{Y}=56.15+14.77x$	31	4.56	0.28	123.10	5.23	$\hat{Y}=59.57+13.93x$
10	30	4.76	0.34	130.03	6.00	$\hat{Y}=54.87+15.79x$	30	4.79	0.33	128.53	7.43	$\hat{Y}=80.16+10.10x$
11	30	4.93	0.28	133.52	6.41	$\hat{Y}=43.49+18.26x$	30	4.90	0.31	131.77	6.28	$\hat{Y}=67.63+13.09x$
12	31	5.05	0.31	135.65	8.30	$\hat{Y}=55.65+15.84x$	30	5.25	0.36	138.62	7.44	$\hat{Y}=91.33+9.01x$
13	31	5.26	0.31	142.11	6.66	$\hat{Y}=62.96+15.05x$	30	5.35	0.40	143.08	8.56	$\hat{Y}=59.67+15.59x$
14	31	5.67	0.32	150.77	6.47	$\hat{Y}=73.60+13.61x$	31	5.81	0.43	152.16	6.31	$\hat{Y}=83.60+11.80x$
15	32	5.99	0.40	158.56	8.60	$\hat{Y}=80.71+13.00x$	30	6.00	0.28	154.67	5.29	$\hat{Y}=93.41+10.06x$
16	31	6.23	0.37	162.56	5.36	$\hat{Y}=102.89+9.58x$	30	6.10	0.24	155.62	4.35	$\hat{Y}=84.86+11.60x$
17	30	6.36	0.33	166.78	5.67	$\hat{Y}=112.78+8.49x$	30	6.10	0.36	157.17	4.94	$\hat{Y}=111.12+7.37x$
18	32	6.49	0.38	167.47	5.67	$\hat{Y}=95.07+11.16x$	32	6.16	0.33	158.44	5.75	$\hat{Y}=96.72+10.02x$

（孙尔玉）

第五节　中国汉族各种推算身高回归方程的适用性

如本书在前面所介绍的，为了用长骨长度推断中国汉族男人的身高，可资利用的计算公式是依次由以下各位作者提出的：Stevenson PH（1929）、Trotter 与 Gleser（1958）、王永豪等（1979）、莫世泰（1983）、公安部门与邵象清（1984）。考虑到这些公式提出的时间不同，适用对象不同。为了便于在临案时选用适当公式，有必要对这些公式的计算结果做一比较研究。

首先由公安部门与邵象清报道的资料中取出上下肢 6 骨最大长（包括股骨的生理长）的最小均值和最大均值作为原始数据：

名称	最小均值	最大均值（cm）
肱骨	30.5	31.3
桡骨	23.1	23.7
尺骨	24.7	25.3
股骨	43.1	43.7
股骨生理长	42.7	43.4
胫骨	35.2	36.0
腓骨	34.4	35.0
肱骨＋桡骨	53.6	55.0
肱骨＋尺骨	55.2	56.6
股骨＋胫骨	78.3	79.7
股骨（生理长）＋胫骨	77.9	79.4
股骨＋腓骨	77.5	78.7
股骨（生理长）＋腓骨	77.1	78.4

将上述原始数据分别代入各个方程式，求得身高的估计值，并与 1988 年张振标报告的中国汉族（男性）平均身高（表 1—7—1）相比对。上述尸骨来源于全国各地，对中国汉族应有代表性。其计算结果如表 1—7—33。

由所得的结果可以看出，其最小平均估计身高为 160.5cm，最大平均估计身高为 168.7cm，总平均估计身高为 164.4cm。其结果与 80 年代初调查的中国汉族的平均身高 165.80cm（161.3—167.9cm）相比稍低。

表 1—7—33　　五种方法推算汉族男人身高的比较

长骨	Stevenson		Trotter，Gleser		王永豪		莫世泰		公安，邵	
	最小 m	最大 m	最小 m	最大 m	最小 m	最大 m	最小 m	最大 m	最小 m	最大 m
肱骨	167.3	169.6	164.9	167.1	161.7	164.5	160.9	163.2	163.8	165.9
桡骨	166.4	169.6	163.8	165.9	161.6	163.7	159.9	161.7	163.3	165.4
尺骨	—	—	163.4	165.5	161.9	163.9	159.4	160.9	163.5	165.2
股骨	166.8	168.2	165.2	166.5	162.3	164.1	161.3	162.4	163.5	164.9
胫骨	165.8	168.2	165.6	167.5	162.9	165.1	160.5	161.1	163.5	165.3
腓骨	—	—	163.1	164.6	162.0	163.7	160.3	161.7	163.5	165.0
肱＋桡	166.5	169.2	164.3	166.7	161.6	164.2	160.4	162.6	163.6	165.6
肱＋尺	—	—	163.9	166.3	161.7	164.3	160.0	162.2	163.5	165.7
股$_1$＋胫	166.2	168.2	165.9	167.6	—	—	160.9	162.4	163.9	165.4
股$_2$＋胫	—	—	—	—	163.4	164.8	—	—	—	—
股$_1$＋腓	—	—	164.8	166.3	—	—	160.9	162.2	163.8	165.3
股$_2$＋腓	—	—	—	—	162.2	164.0	—	—	—	—
平均身高	166.5	168.7	164.5	166.4	162.1	164.2	160.5	162.0	163.6	165.4

［注］股$_1$：股骨最大长；股$_2$：股骨生理长；m：平均值（cm）。　　（贾静涛，1991）

5 种方法的比较结果并不一致，按估计值由高到低的顺序为：Stevenson's 法、Trotter 与 Gleser's 法、公安与邵法、王永豪法和莫世泰法。有趣的是我国汉族人的平均身高也有地区的差异，将二者按身高由高至低的顺序对比如表 1—7—34。

表 1—7—34　　我国汉族男性身高与估计身高的地区比较

地区	平均身高（cm）	平均估计身高（cm）	方法
黑龙江	167.86	166.5—168.7	Stevenson
北　京	167.63		
山　东	167.34		
吉　林	167.30		
辽　宁	167.20		
陕　西	167.12		
河　北	167.01		
江　苏	166.93		
福　建	166.26	164.5—166.4	Trotter，Gleser
湖　北	166.20		
湖　南	165.48	163.6—165.4	公安，邵
云　南	165.47		

续表

地区	平均身高 (cm)	平均估计身高 (cm)	方法
广 东	164.57		
广 西	163.36	162.1—164.2	王永豪
四 川	162.00	160.5—162.0	莫世泰
贵 州	161.33		

（平均身高数据引自张振标，1988） （贾静涛，1991）

Stevenson 研究的是中国北方汉族男性尸骨，用他的回归方程推算得的平均估计身高与中国北方汉族的平均身高一致。

Trotter 与 Glesser 研究的是黄种人的尸骨。用其回归方程推算的平均身高与福建、广东等六省的汉族平均身高一致。

公安部门与邵研究的是北起吉林南至云南九个省区提供的尸骨，据称适于这九个省区及其他地区汉族尸骨生前身高的推定。用其 21—30 岁组尸骨数据，依其回归方程推算的结果，最小平均身高为 163.6cm，最大平均身高为 165.4cm（与其已知生前身高均值最小 163.4，最大 164.3 基本一致），与湖南、云南、广东、广西等 4 省区汉族平均身高一致。

王永豪研究的是西南地区的尸骨，莫世泰研究的是广西、广东、湖南等省区的尸骨。前者的推算身高平均值与广东、广西、四川等省区的汉族平均身高一致；后者与广西、四川、贵州等省区的一致。

一般认为回归方程式的选择，要考虑研究对象所在的地区。作者认为如果推算的结果确能反映该地区人的平均身高，这是正确的；如果由于时间等因素的影响，该方程已不能反映该地区人的平均身高，勉强应用，难免导致估计误差过大的后果。表 1—7—32 将有助于实际应用时选择适宜的回归方程式。

上述论点能否成立取决于中国汉族的平均身高有无地区的差异。有的作者认为没有差异，但据张振标的调查其差异是相当明显的。有意义的是本书第六、七章引用的各家有关中国汉族平均身高的记载，也同样显示地区的差异，如：

西安汉族男性 170.40±0.51cm （郑靖中学，1985）
青海汉族男性 167.47±1.00cm （贾勉等，1989）
华南汉族男性 160.91±0.71cm （莫世泰，1983）
华南汉族男性 161.63±0.70cm （彭书琳等，1983）
广西汉族男性 163.80±0.51cm （王雄文等，1980）

由上述各人群平均身高的标准误可以看出北方汉族的平均身高确实较南方汉族为高。这种地区的差异在儿童与少年时代就已开始表现出来（表 1—6—10），而且女性平均

身高也同样有地区的差异。这种地区的差异是在选择回归方程时必须首先考虑的。

但对这种地区的差异不能理解为选择推算身高方程式一定要看该方程式所依据的对象是否属于该地区的。既使是由该地区尸骨导出的回归方程，由于时过境迁，人群的平均身高有所增长，可能不再适用于对该地区人群身高的推定。

由此可以认为，选择回归方程的首要条件是：由该方程能否导出现时该地区人群的平均身高。凡是能满足这一条件的任何方程都可以选用。

第六节　其他人群由长管状骨长度推算身高

一、日本人

（一）安藤推定法

由四肢长骨长度推定日本人身高，最早是由安藤守元（1923）报告的。研究对象为男性尸体 54 具（平均身高 157.7cm），女性尸体 27 具（平均身高 146.9cm），求得长骨长度与身高的比例值（系数），实际应用时以长骨的长度乘以相应的系数（表 1—7—35）减 2，即得身高的估计值。

表 1—7—35　安藤推定法所用系数

测量项目	男　性	女　性
肱骨最大长	左 5.474	左 5.577
	右 5.337	右 5.440
桡骨最大长	左 7.112	左 7.500
	右 7.086	右 7.415
尺骨最大长	左 0.638	左 6.885
	右 6.606	右 6.813
股骨自然位全长	左 3.836	左 3.901
	右 3.840	右 3.934
胫骨全长	左 4.731	左 4.812
	右 4.792	右 4.822
腓骨最大长	左 4.812	左 4.912
	右 4.813	右 4.920

（二）藤井推定法

今日日本仍在广泛使用的是藤井推定法。1960 年，藤井明取男性 165 例，平均身高 156.5cm，平均年龄 54.4 岁，得到由长骨长度推算日本人身高的回归方程式如表 1—7—36。

表 1—7—36　　藤井的推定男性身高回归方程式

测量项目		回归方程	测量项目		回归方程
肱骨最大长	左	Y=2.83X+729.08	股骨最大长	左	Y=2.50X+535.60
	右	Y=2.79X+732.42		右	Y=2.47X+549.01
肱骨全长	左	Y=2.80X+749.90	股骨生理长	左	Y=2.29X+636.09
	右	Y=2.79X+744.39		右	Y=2.33X+621.17
桡骨最大长	左	Y=3.30X+834.01	股骨自然转子长	左	Y=2.48X+597.92
	右	Y=3.23X+842.96		右	Y=2.53X+579.05
桡骨生理长	左	Y=1.92X+1177.34	胫骨最大长	左	Y=2.36X+775.42
	右	Y=1.91X+1176.38		右	Y=2.47X+739.99
尺骨最大长	左	Y=3.25X+792.01	胫骨全长	左	Y=2.41X+770.64
	右	Y=3.09X+825.87		右	Y=2.54X+729.94
尺骨生理长	左	Y=2.48X+1048.31	腓骨最大长	左	Y=2.55X+729.70
	右	Y=2.36X+1071.76		右	Y=2.60X+709.25

（三）吉野推定法

吉野等（1986）鉴于安藤及藤井的推算法所依据的对象，其平均身高比现代日本人的平均身高 168.9cm 低 10cm 以上，不适于实际应用，乃取活体男 121 人（平均年龄 35.8 岁，平均身高 167.6cm）、女 66 人（平均年龄 21.9 岁，平均身高 157.8cm），计测其桡骨、尺骨、胫骨、腓骨最大长，得一元回归方程式如表 1—7—37。

表 1—7—37　　由四肢长骨长度推算日本人身高

测量项目		男　性		女　性
桡骨最大长	左	Y=3.57X+81.38+3.80	左	Y=3.71X+74.07±3.76
	右	Y=3.91X+72.79±3.65	右	Y=3.47X+79.30±3.89
尺骨最大长	左	Y=3.57X+76.07+3.79	左	Y=3.49X+74.69±3.92
	右	Y=3.55X+76.17±3.82	右	Y=3.55X+72.67±3.94
胫　骨　长	左	Y=2.41X+82.11+3.07	左	Y=3.10X+54.45±3.18
	右	Y=2.38X+83.06±3.06	右	Y=2.96X+58.54±3.19
腓骨最大长	左	Y=2.38X+80.95+3.38	左	Y=2.97X+56.98±2.80
	右	Y=2.29X+83.96±3.42	右	Y=3.00X+56.16±2.83

（吉野等，1986）

二、美国白人与黑人

1952 年，Trotter 与 Gleser 依据第二次世界大战中死亡的美国白人与黑人以及部分收藏的尸骨研究了由四肢 6 种长骨长度推定身高。测量了所有 6 种长骨的最大长，股骨的两髁长和胫骨的功能长，其推定身高的回归方程式如表 1—7—38。适于推定 18—30 岁的美国白人与黑人身高。30 岁以上由估计值每岁减 0.06cm，估计尸体身高加 2.5cm。二

表 1—7—38　　美国白人与黑人的身高推算公式

项目 X	男　性	女　性
	美国白人	
肱骨	$3.08X+70.45\pm4.05$	$3.36X+57.97\pm4.45$
桡骨	$3.78X+79.01\pm4.32$	$4.74X+54.93\pm4.24$
尺骨	$3.70X+74.05\pm4.32$	$4.27X+57.76\pm4.30$
股骨	$2.38X+61.41\pm3.27$	$2.47X+54.10\pm3.72$
胫骨	$2.52X+78.62\pm3.37$	$2.90X+61.53\pm3.66$
腓骨	$2.68X+71.78\pm3.29$	$2.93X+59.51\pm3.57$
股+胫	$1.30X+63.29\pm2.99$	$1.39X+53.20\pm3.55$
股$_1$+胫$_2$	$1.42X_1+1.24X_2+59.88\pm2.99$	$1.48X_1+1.28X_2+53.07X_1\pm3.55$
肱$_1$+胫$_2$	$0.93X_1+1.94X_2+69.30\pm3.26$	$1.35X_1+1.95X_2+52.77\pm3.67$
肱$_1$+股$_2$+胫$_3$	$0.27X_1+1.32X_2+1.16X_3+58.57\pm2.99$	$0.68X_1+1.17X_2+1.15X_3+50.12\pm3.51$
	美国黑人	
肱骨	$3.26X+62.10\pm4.43$	$3.08X+64.67\pm4.25$
桡骨	$3.42X+81.56\pm4.30$	$3.67X+71.79\pm4.59$
尺骨	$3.26X+79.29\pm4.42$	$3.31X+75.38\pm4.83$
股骨	$2.11X+70.35\pm3.94$	$2.28X+59.76\pm3.41$
胫骨	$2.19X+86.02\pm3.78$	$2.45X+72.65\pm3.70$
腓骨	$2.19X+85.65\pm4.08$	$2.49X+70.90\pm3.80$
股+胫	$1.15X+71.04\pm3.53$	$1.26X+59.72\pm3.28$
股$_1$+胫$_2$	$0.66X_1+1.62X_2+76.13\pm3.49$	$1.53X_1+0.96X_2+58.54\pm3.23$
肱$_1$+胫$_2$	$0.90X_1+1.78X_2+71.29\pm3.49$	$1.08X_1+1.79X_2\pm3.67$
肱$_1$−桡$_2$+股$_3$+胫$_4$	$0.89X_1-1.01X_2+0.38X_3+1.92X_4+74.56\pm3.38$	$0.44X_1-0.20X_2+1.46X_3+0.86X_4+56.33\pm3.22$

氏的研究发现男女黑人的臂骨和小腿骨都比白人为长，而且其前臂骨和小腿骨也都比肱骨和股骨相对为长。因此白人与黑人的推算身高方程式是显然不同的。

三、推算身高的种族差异

1958 年，Trotter 与 Gleser 又就朝鲜战争中死亡的大量白人和黑人尸骨，部分黄种人、墨西哥人和波多黎各人尸骨，重新研究了由长骨推算身高的问题。认为长骨长度与身高的关系在三大人种间有显然的差别。各人群的推算身高方程如表 1—7—39。

表 1—7—39　　不同人群的身高推算方程比较

白种人	S. E.	黑种人	S. E.
1.31（股+腓）+63.05	3.62	1.20（股+腓）+67.77	3.63
1.26（股+胫）+67.09	3.74	1.15（股+胫）+71.75	3.68
2.60（腓）+75.50	3.86	2.10（股）+72.22	3.91
2.32（股）+65.53	3.94	2.19（胫）+85.36	3.96
2.42（胫）+81.83	3.37	2.34（腓）+80.07	4.02
1.82（肱+桡）+67.97	2.99	1.66（肱+桡）+73.08	4.18
1.78（肱+尺）+66.98	2.99	1.65（肱+尺）+70.67	4.23
2.89（肱）+78.10	4.05	2.88（肱）+75.48	4.23
3.79（桡）+79.42	4.32	3.32（桡）+85.43	4.57
3.76（尺）+75.55	4.32	3.20（尺）+82.77	4.74
黄种人	**S. E.**	**墨西哥人**	**S. E.**
1.22（股+腓）+70.24	3.18		
1.22（股+胫）+70.37	3.24		
2.40（腓）+80.56	3.24	2.40（股）+58.67	2.99
2.39（胫）+81.45	3.27	2.50（腓）+75.44	3.52
2.15（股）+72.57	3.80	2.34（胫）+80.07	3.73
1.68（肱+尺）+71.18	4.14		
1.67（肱+桡）+74.83	4.16		
2.68（肱）+83.19	4.25	3.55（桡）+80.71	4.04
3.54（桡）+82.00	4.60	3.56（尺）+74.56	4.05
3.48（尺）+77.45	4.66	2.92（肱）+73.94	4.24

Krogman 在其著书中非常重视 Trotter 与 Gleser 由这一研究中所得出的结论：鉴于长骨的长度与身高的关系在三大人种间有肯定的差异。在推定身高时应用不同人种的回归方程。墨西哥人的方程不同于其他人群的方程，因此确切的推定，应用墨西哥人自己的方程。

Trotter 与 Gleser 认为表中所列白人男性推算身高的标准估计误差高于以前的研究结果，其基本原因是长骨长度与身高的关系处在一种不断变动的状态。一些 21 岁以上的人，在今天要比 6 到 10 年前有同样骨长度的人为高。美国这一代的白人男性至少到 21 岁

身高还在增长，甚至很可能到23岁才长到最大身高。这一结果与由第二次世界大战中的尸骨研究结果——18岁以后身高无明显增长呈鲜明的对比。由这一发现可以认为，由骨长度推算身高的方程隔一段适当的时间就应该重新制定。

1961年，Allbrook测量了429名东非黑人（活体）的胫骨与尺骨长度，其所测胫骨长度与干燥胫骨标本一致，而尺骨长度则显著大于干燥尺骨标本。认为根据活体测量的结果，用胫骨长度推算身高要比用尺骨为好。就其所得白人资料（英人后裔）与用Trotter及Gleser公式所得结果比较，差别不大，最多差约2.5cm。但以黑人资料比较，用Trotter及Gleser的公式计算结果大都偏低。

1983年，Lundy JK就一组南非黑人资料（男117，女125）研究了由长骨长度推算身高，其结果如表1—7—40。

表1—7—40　　依骨长度推算南非黑人身高的回归方程

男性	S.E.	女性	S.E.
2.88（肱）+61.02	4.46	3.30（肱）+45.65	4.39
3.18（桡）+72.79	4.21	4.03（桡）+50.42	4.27
2.94（尺）+73.54	4.31	3.81（尺）+48.15	4.26
4.03（腰椎）+100.61	5.61	4.72（腰）+84.88	5.78
2.79（股最大长）+28.12	2.80	2.07（股最大长）+56.27	3.77
2.43（股）+44.64	3.39	2.67（股）+32.00	3.80
2.43（胫）+60.86	3.44	2.38（胫）+59.96	4.13
2.48（腓）+60.29	3.67	2.65（腓）+51.70	4.19
2.17（腰+股）+28.13	2.91	2.33（腰+股）+16.52	3.70
1.23（股+胫）+51.76	3.06	1.33（股+胫）+41.38	4.27
1.46（腰最大长+胫）+32.51	2.56	1.10（股最大长+胫）+58.01	3.60
1.24（腰+股+胫）+34.12	2.66	1.30（腰+股+胫）+26.83	3.64

和多数研究一样，Lundy的结果也显示用下肢骨长度推算身高要比上肢骨准确。同时Lundy运用Trotter及Gleser的美国黑人身高推算公式来研究南非黑人的骨长度推算身高，发现对所有各骨都显示过高的估计值。

第七节　根据不完整的长管状骨长度推算身高

在法医实践中有时会遇到依破损的长管状骨来推定身高的情况，但这方面的研究文献尚少。据濑田、吉野（1990）分析，迄今有两类方法可供选择。一类是将长骨依其解剖学位置分为数段，由各个部分的长度求出长骨的最大长，再由长骨的最大值（估计

值)，选用适当的身高推定公式来推算身高。这一类方法主要是由 Müller (1935)，Steele 与 McKern (1969)，Mysorekar 等 (1980—1984) 报告的。第二类方法是依解剖学位置将长骨分为数段，由各个部分的长骨直接推定身高。Steele (1970) 应用这一方法就股骨、胫骨与肱骨研究了白人与黑人的身高推定，发表了一系列直线回归方程。显然，应用这些回归方程式来推定黄种人的身高，错误的危险性是很大的。认为用第一类方法误差要相对小一些。即使如此也要注意，用破损的长骨推算的身高，比用完整的长骨推算的误差要大，所得的身高估计值范围也要大一些。

下面将中国人制定的推算方程和濑田推荐的国外常用的方法加以介绍。

一、中国人的推算方程

在 1984 年，我国公安部门与邵象清合作研究的长骨推算身高工作中，已经考虑到根据不完整的长管状骨长度推算身高的问题，所用的是濑田指出的第二类方法，由长骨的各段长度计算出一系列回归方程，用以推算尸骨的生前身高。

(一) 一元回归方程

原文每个观测指标的回归方程都按左右侧各 5 个年龄组划分，计有 10 个推算身高的回归方程，考虑到 30 岁以上年龄的尸骨可按推算的身高减去一个校正值即〔0.6mm×(年龄+30)〕来计算，因此仅引用其 21—30 岁组（生前身高均值 164.3±5.72cm）回归方程列如表 1—7—4（改变原文列方程的方法）。

表 1—7—41　中国汉族骨断片推算身高的一元回归方程（21—30 岁）

项目 (X) (mm)	左侧		右侧	
	方程	S.E.	方程	S.E.
肱骨头周	973.03+5.02X	45.32	1 012.01+4.70X	46.09
股骨转子全长	680.49+2.36X	36.12	720.72+2.27X	36.14
股骨转子内髁长	662.53+2.34X	35.21	651.79+2.37X	34.42
股骨转正外髁长	675.15+2.35X	35.51	748.23+2.19X	36.65
股骨骨干长	738.50+2.65X	39.57	775.54+2.54X	39.70
股骨骨干中部周	1 186.79+5.55X	49.87	1 180.17+5.62X	49.26
股骨头垂直径	1 182.03+10.12X	48.60	1 116.29+11.52X	47.46
股骨头矢状径	1 138.55+10.98X	47.91	1 116.39+11.49X	47.38
股骨头周	980.91+4.58X	45.01	946.20+4.80X	45.35
股骨上髁宽	1 164.67+6.07X	48.50	964.74+8.52X	46.96
股骨外髁长	997.03+10.51X	42.16	1 097.14+8.86X	46.41
股骨内髁长	950.35+11.39X	42.55	1 379.92+4.36X	51.85
胫骨上端宽	1 106.88+7.24X	48.31	928.99+9.64X	45.38
腓骨最小周	1 461.12+4.95X	53.62	1 489.95+4.24X	54.63

（二）二元回归方程

根据以下指标列出5组回归方程　如表1—7—42（改变原文列方程的方法）。

1. X_1　肱骨上端宽　　X_2　肱骨头周
2. X_1　肱骨下端宽　　X_2　肱骨骨干最小周
3. X_1　胫骨中部最大径　　X_2　胫骨骨干最小周
4. X_1　胫骨下端宽　　X_2　胫骨下端矢状径
5. X_1　肱骨头周　　X_2　股骨头周

表1—7—42　由骨断片推定身高的二元回归方程（21—30岁）

组别	侧别	回归方程	S. E.
1	左	$964.85+2.04X_1+4.35X_2$	45.98
	右	$1\,037.91+2.47X_1+5.40X_2$	46.78
2	左	$1\,057.46+6.75X_1+3.11X_2$	46.22
	右	$1\,165.72+6.36X_1+6.36X_2$	50.21
3	左	$1\,343.61+9.24X_1+0.37X_2$	53.12
	右	$1\,371.24+6.00X_1+1.32X_2$	53.52
4	左	$1\,025.25+5.83X_1+8.75X_2$	46.78
	右	$1\,317.40+8.17X_1-1.86X_2$	51.97
5	左	$953.38-0.01X_1+4.81X_2$	45.56
	右	$995.16+3.87X_1-0.89X_2$	45.87

（三）三元回归方程

根据以下指标列出7组回归方程如表1—7—43（改变原文列方程的方法）。

组	X_1	X_2	X_3
1.	桡骨干最小周	桡骨干横径	桡骨干矢状径
2.	股骨骨干长	股骨干中部矢状径	股骨干中部周
3.	股骨头垂直径	股骨头矢状径	股骨头周
4.	股骨上髁宽	股骨外髁长	股骨内髁长
5.	胫骨上端宽	胫上内侧关节面矢状径	胫上外侧关节面矢状径
6.	肱骨干最小周	桡骨干最小周	尺骨干最小周
7.	股骨干中部周	胫骨骨干最小周	腓骨最小周

表1—7—43　由骨断片推定身高的三元回归方程（21—30岁）

组别	侧别	回归方程	S. E.
1	左	$1\,201.51+4.25X_1+7.05X_2+13.82X_3$	51.37
	右	$1\,280.22+5.45X_1+1.37X_2+10.01X_3$	51.60
2	左	$631.36+2.32X_1-0.25X_2+2.74X_3$	37.89
	右	$676.33+2.22X_1+1.57X_2+2.03X_3$	38.20

续表

组别	侧别	回归方程	S.E.
3	左	$966.20+1.19X_1+0.07X_2+4.28X_3$	45.45
	右	$925.41+0.71X_1-0.51X_2+4.88X_3$	45.69
4	左	$1\,048.55+0.95X_1+5.06X_2+3.41X_3$	45.65
	右	$1\,051.91+1.13X_1+4.68X_2+3.49X_3$	47.70
5	左	$988.51+5.29X_1+0.41X_2+6.14X_3$	45.02
	右	$1\,261.52-1.30X_1+4.68X_2+6.46X_3$	49.06
6	左	$1\,284.84+2.85X_1+5.19X_2-0.74X_3$	50.22
	右	$1\,315.71+1.53X_1+4.56X_2+1.24X_3$	52.07
7	左	$1\,169.92+4.48X_1-0.12X_2+3.10X_3$	50.19
	右	$1\,143.18+5.11X_1+0.05X_2+2.10X_3$	50.21

二、其他人群的推算方法

（一）欧洲白人

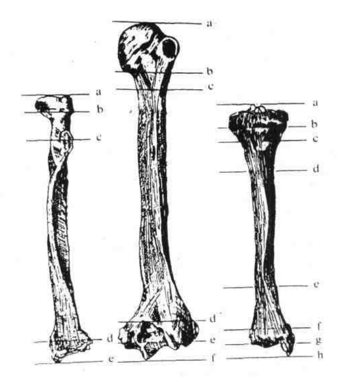


图 1—7—1　桡、肱、胫骨的分段位置
(Müller, 1935)

Müller(1935)用欧洲白人长骨(肱骨 100，桡骨 50，胫骨 100)，按图 1—7—1 所示的解剖学位置进行分段，求出各部分长度与长骨最大长的比率如表 1—7—44。

其分段的标准如下：

肱骨　a. 肱骨头最上点
　　b. 肱骨头关节面的最下缘
　　c. 肱骨大结节下方相当于大、小结节肌嵴汇合处
　　d. 鹰嘴窝上缘
　　e. 鹰嘴窝下缘
　　f. 滑车最下点

桡骨　a. 桡骨头最上点
　　b. 桡骨头下缘
　　c. 桡骨粗隆中点

d. 桡骨下端骨骺线
e. 桡骨茎突最下点

胫骨　a. 髁间隆起最上点
b. 上端骨骺线，在胫骨粗隆的上端附近
c. 胫骨粗隆的最突出点
d. 胫骨前嵴的近端点
e. 相当于骨干最小周的水平线
f. 下端骨骺线
g. 下端关节面水平线
h. 内髁最下点

表 1—7—44　　**各分段长度相当于长骨最大长的%**

肱骨		桡骨		胫骨	
各段%	S. D.	各段%	S. D.	各段%	S. D.
a—f（最大长）=100		a—e（最大长）=100		a—h（最大长）=100	
a—b=11.44	1.71	a—b=5.35	1.31	a—b=7.88	1.31
b—c=7.60	1.67	b—c=8.96	1.95	b—c=4.84	1.31
c—d=69.62	1.74	c—d=78.72	0.25	c—d=8.86	0.93
d—e=6.26	0.90	d—e=7.46	1.10	d—e=48.54	4.27
e—f=5.47	0.86			e—f=22.09	3.39
				f—g=3.29	0.74
				g—h=5.05	0.92

（二）美洲印第安人

1969 年，Steele 与 McKern 用美洲印第安人长骨：股骨 101（男 72，女 29）、肱骨 82（男 57，女 25）和胫骨 80（男 55，女 25），按图 1—7—2 所示的解剖学位置进行分段，求出其各段长度与长骨最大长的比率和一系列由分段长度推算长骨最大长的直线回归方程。各段长度占各该长骨最大长的百分率如表 1—7—45 所示。应当注意的是，表中的“1”表示该骨 1—2 段的长度，“2”表示 2—3 段的长度；表中“1—2”表示该骨 1—3 段的长度，“2—3”表示 2—4 段的长度。

1970 年，Steele 根据上述分段标准，又提出一系列由各段骨长度推算美国白人及黑人生前身高的回归方程，详细可参阅 Krogman 著书。

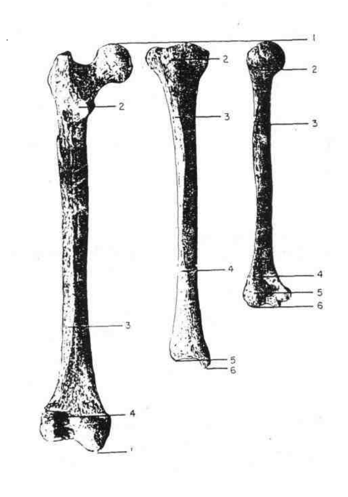


图 1—7—2　股、胫、肱骨的分段位置
(Steels 与 McKern, 1969)

其分段的标准如下：

股骨　1. 股骨头最上点
2. 小转子的中点
3. 股骨粗线下方，腘平面的最近部分，相当于内、外上髁线变平行之处
4. 髁间窝的最上点
5. 内侧髁的最下点

肱骨　1. 肱骨头最上点
2. 肱骨头关节面边缘最下点
3. 三角肌粗隆近端附近肱骨干矢径最小点
4. 鹰嘴窝上缘
5. 鹰嘴窝下缘
6. 滑车最下点

胫骨　1. 髁间隆起最上点
2. 胫骨粗隆的最上点
3. 胫骨粗隆下缘延长线的交点
4. 胫骨前嵴在内踝上方与骨干内侧缘的交叉点
5. 下端关节面
6. 内踝最下点

表 1—7—45　各段骨长度相当于该骨最大长的百分率

分段	男性		女性	
	平均%	S.E.	平均%	S.E.
股骨				
1	16.4	1.1	15.6	1.1
2	56.1	2.5	56.7	2.6
3	19.4	2.5	19.6	2.4
4	7.9	0.7	7.9	0.7
1—2	72.5	2.6	72.3	2.2

续表

分段	男性		女性	
	平均%	S.E.	平均%	S.E.
2—3	75.5	1.3	76.3	1.2
3—4	27.3	2.6	27.5	2.2
1—3	91.9	0.7	91.9	0.7
2—4	83.5	1.1	84.1	1.1
肱骨				
1	10.5	0.8	10.1	1.0
2	22.6	2.2	22.0	1.7
3	54.6	2.4	55.1	3.0
4	8.1	0.7	8.3	0.8
5	4.3	0.5	4.5	1.0
1—2	33.0	2.3	32.1	2.2
2·3	77.1	1.3	77.1	2.0
3—4	62.6	2.4	63.4	2.7
4—5	12.4	0.8	12.8	1.3
1—3	87.6	0.8	87.2	1.3
2—4	85.2	1.0	85.4	1.6
3—5	67.0	2.3	67.9	2.2
1—4	95.7	0.5	95.5	0.9
2—5	89.5	0.8	89.9	1.0
胫骨				
1	6.8	1.0	6.5	1.1
2	17.5	2.9	16.5	2.9
3	47.9	3.5	49.2	4.0
4	25.1	2.2	24.7	2.6
5	4.2	0.7	4.2	0.6
1—2	24.3	2.8	23.0	2.4
2—3	65.4	2.4	65.8	2.0
3—4	73.0	2.7	73.9	2.1
4—5	29.2	2.3	28.9	2.4
1—3	72.2	2.1	72.3	2.3
2—4	90.5	1.5	90.5	1.6
3—5	77.2	2.8	78.1	2.1
1—4	97.3	0.9	97.0	0.9
2—5	94.6	1.4	94.7	1.5

(Steele, McKern 1969)

（三）印度人

Mysorekar 等（1980—1984）用印度人长骨，将各长骨按如下的解剖学位置分段，再由各段的长度推算出各该长骨最大长，其回归方程式如表 1—7—46（改变其列方程式的方法）。

股骨下端长：内收肌结节至内髁最下点

肱骨上端长：肱骨头最上点至三角肌粗隆最下缘

肱骨下端长：三角肌粗隆最下缘至滑车最下点

桡骨上端长：桡骨小头最上点至旋前圆肌附着部最下缘

桡骨下端长：旋前圆肌附着部最下缘至桡骨茎突最下点

尺骨上端长：尺骨鹰嘴最上点至上臂肌附着部最下缘

尺骨下端长：上臂肌附着部最下缘至尺骨茎突最下点

胫骨上端长：内侧髁间隆起至比目鱼肌线最下缘

胫骨下端长：比目鱼肌线最下缘至内髁最下点

表 1—7—46　**由长骨各段长度推算印度人长骨长度的回归方程式**　(cm)

测量项目	最大长（Y）	
（X）	左侧	右侧
股骨下端长	10.48+7.89X	15.43+6.68X
肱骨上端长	7.27+1.49X	4.84+1.67X
肱骨下端长	6.44+1.59X	6.79+1.56X
桡骨上端长	10.60+1.04X	10.04+1.10X
桡骨下端长	12.08+1.04X	10.43+1.18X
尺骨上端长	10.56+3.72X	11.87+2.53X
尺骨下端长	1.39+1.20X	1.26+1.21X
胫骨上端长	23.53+0.93X	20.70+1.16X
胫骨下端长	14.70+0.93X	11.22+1.11X

1989 年，Rao，Gupta 与 Sehgal 就印度人 728 根上肢长管状骨（肱骨 275，桡骨 235，尺骨 218），不计性别，研究了分段长度与最大长的比率关系（表 1—7—47）。使用 Müller 的分段方法，肱骨与桡骨的分段与 Müller 相同，尺骨的分段标准是：

a. 尺骨鹰嘴最上点

b. 滑车切迹非关节线（non-artiwlar strip）的中点

c. 尺骨冠突的最突出点

d. 桡切迹的最下点

e. 尺骨下端骺线

f. 尺骨茎突的最下点

表 1—7—47　上肢长骨分段的比率关系（%）

	a—b	b—c	c—d	d—e	e—f
肱骨					
平均%	10.75	8.74	68.42	7.28	4.57
S.E.	1.87	1.70	2.80	1.57	1.26
范围	8.89—12.88	5.75—13.98	63.40—72.24	4.79—9.37	3.46—6.03
95%置信区间	7.09—14.41	5.41—12.09	62.94—73.90	4.21—10.35	2.11—7.03
桡骨					
平均%	4.22	9.57	79.33	6.82	
S.E.	1.31	1.92	2.64	1.64	
范围	2.89—5.74	7.32—12.67	73.15—84.43	2.97—10.98	
95%置信区间	1.66—6.78	5.81—13.33	74.16—85.50	3.62—10.04	
尺骨					
平均%	7.38	3.69	4.02	80.88	4.01
	1.77	1.28	1.3	2.7	1.3
	5.36—9.38	1.67—5.78	1.96—7.19	75.52—83.87	2.28—6.42
	3.91—10.85	1.19—6.19	1.48—6.56	76.33—85.43	1.47—6.55

(Rao, Gupta, Sehgal 1989)

（贾静涛）

参 考 文 献

1. 王永豪、翁嘉颖、胡滨成。中国西南地区男性成年由长骨推算身高的回归方程。解剖学报 1978；10：1。
2. 丁细藩、莫世泰、张文光。华南地区汉族成年男性肢带骨与身高关系的探讨。人类学学报 1988；8（2）：189。
3. 郑靖中、杨玉田等。西安市青年学生胸骨长与身长的关系。人类学学报1985；4（3）：268。
4. 胡佩儒、赵志远。由胸骨长度估算中国北方成年人身高的回归方程。人类学学报，1987；6（2）：147。
5. 张继宗、舒永康等。骶骨推断身高的研究。法医学杂志 1988；4（4）：15。
6. 莫世泰。华南地区男性成年人由长骨推算身高的回归方程。人类学报 1983；2：80
7. 彭书琳、朱芳武。对华南地区男性成年颅骨、锁骨、肩胛骨和髋骨与身高关系的研究。人类学学报 1983；2（3）：253。

8. 张振标。现代中国人身高的变异。人类学学报 1988；7（2）：112。
9. Totter. M. and Gleser G C Estimation of stature from long bones of Amercan Whites and Negroes. Am. J. Phys. Anthrop. 1952；10：463.
10. 邵象清。人体测量手册。上海辞书出版社，1985：393—404。
11. 吴汝康、吴新智、张振标。人体测量方法。科学出版社，1984：101－102
12. 寺沢浩一、高取健彦など。脊柱長による身長の推定。日法医志 1985；39（1）：35。
13. 陈世贤。法医骨学。群众出版社，1980：221—237。
14. 赤石英。臨床医のための法医学。南江堂，1983：207—208。
15. 若杉長英。法医学。金芳堂，1986：107—108。
16. 瀬田季茂，吉野峰生。白骨死体の鑑定。東京：令文社。1990。
17. Krogman WM，Iscan MY. The human skeleton in forensic medicine. Springfield：Thomas. 1986。
18. 贾勉，王迺哲。第二掌骨长度与身高。人类学学报。1989；8（3）：239。
19. 公安部门（陈世贤执笔）与邵象清（指导）。中国汉族男性长骨推算身高的研究。刑事技术。1984；5：1—49。
20. 王雄文，马季春。广西籍男性头围与身高关系的研究。刑事技术。1980；4：20—23。
21. Rao KVS，Gupta GD. Sehgal VN. Determination of length of human long bones of hands from their fragments. Forens Sci Intern，1989；40：279—284。

第八章 根据骨骼推定种族

骨骼的种族特征是体质人类学的一个重要的研究领域。法医人类学研究骨骼的种族鉴识，在一个多种族的国家中，其意义是很明显的。这一方面是因为一旦将被检骨骼确定为某一种族人，即可排除为其他种族人的可能性。另一方面，根据骨骼鉴识性别、身高、年龄等是个人识别的重要指标，但如不注意骨骼的种族特征，往往会影响对这些指标的判断，因此解决骨骼的种族鉴识问题是骨骼鉴定中重要的一步。

多年的研究证明，骨骼中最具种族特征的是颅骨。致于其他骨骼，除盆骨与股骨外，由于其测量资料的标准差在种族间有很大重叠，都不是好的可用于种族鉴识的指标。

第一节 颅骨的形态差异

根据颅骨的形态特点鉴识种族，早在上一世纪就已开始了这方面的研究。Krogman（1955）总结了前人的工作，提出了三大人种的颅骨形态特征，并将白种人细分为 3 个亚

种：北欧（nordic）、中欧（alpine）和南欧（mediterranean）。其结果如表 1—8—1 所示。

表 1—8—1　　三大人种的颅面特征

指标	白种人			黑种人	黄种人
	北欧	中欧	南欧		
颅　长	长	短	长	长	长
颅　宽	窄	宽	窄	窄	宽
颅　高	高	高	中等	低	中等
矢状轮廓	圆	弓形	圆	扁	弓形
面　宽	窄	宽	窄	窄	很宽
面　高	高	高	中等	低	高
眶外口	角形	圆形	角形	正方形	圆形
梨状孔	窄	中等宽	窄	宽	窄
梨状孔下缘	锐	锐	锐	槽状	锐
鼻侧面观	直	直	直	向下倾斜	直
腭　形	窄	中等宽	窄	宽	中等宽
颅形要点	宽大	大	小	宽大	大
	不平	中度不平	平滑	平滑	平滑
	长	圆	长	长	圆
	卵形		类五角形至卵形	长卵形	

（Krogman，1955）

Reichs（1986）在 Krogman 工作的基础上，总结了其后各家研究者的经验，提出如表 1—8—2 的颅骨形态种族差异，当然在评价未知的颅骨时，表中所列的差异并不是同等重要的。例如，颅形即使在一个种族中也有很大的变异，如果结合矢状轮廓进行观察，这个特征在种族鉴识上就会有一些价值。

鼻部与口部是人类骨骼用于种族鉴识的最佳区域，该区内存在的大部分特征都是重要的。铲形切牙的重要性久已为人类学者所熟知，而不大为人所了解的鼻梁及其连接的中面骨的特征，则是种族血统的更好的指标，这些指标在区别白种人与其他人群时是十分重要的。

鼻部的一些特征包括鼻形、鼻侧面观、鼻棘与梨状孔下缘同样是值得观察的指标。窄鼻型加上锐型梨状孔下缘和长而直的鼻棘作为白种人的特征也是为人类学者所熟知的。宽大的梨状孔加上短而宽的鼻骨（致鼻梁较低）和很小的鼻棘，全无梨状孔下缘（鼻前沟型）或表现很弱，同样是为人们所熟知的黑种人的特征。根据鼻侧面观呈凹一凸构形及其向上倾斜的中等大的鼻棘可以将美洲印第安人与白种人区别开。某些南亚的黄种人也显示与此相同的构型。

Brues（1980）依据鼻骨的形态观察提出了一项重要的种族鉴识的指标。Brues 指出位于鼻根点下方的鼻梁形态在三大人种间是不同的。黑种人的鼻根形态呈低的曲线形，其断面呈半圆拱状；而黄种人则侧而较直，呈天幕状；白种人鼻梁最高，两侧鼻骨陡然升至中线，致其断而形如教堂的尖塔。

表 1—8—2　　种族间常见的颅面特征差异

指标	黄种人	美洲印第安人	白种人	波利尼西亚人	黑种人
颅　形	宽	中度宽	中等	变异大	长
矢状轮廓	高，球形	中度低，额倾斜	高，圆形	中等	变异大，后囟陷下
鼻　形	中等	中等	窄	中等	宽
鼻骨大小	小	中等/大	大	中等	中等/小
鼻侧面观	凹	凹一凸	直	凹/凹一凸	直/凹
鼻　棘	中等	中等，倾斜	突出，直	变异大	缩小
梨状孔下缘	中等	中等	锐型	钝型/无	钝型/无
切牙形状	铲形	铲形	扁平	扁平	扁平
面部凸颌	中等	中等	减弱	中等	高度明显
牙槽凸颌	中等	中等	减弱	中等	高度明显
颧　形	突出	突出	减弱	突出	减弱
腭　形	抛物线状或椭圆形	椭圆形	抛物线状	抛物线状或椭圆形	双曲线形
眶　形	圆形	菱形	菱形	菱形	圆形
下颌骨	粗壮	粗壮	中等	粗壮，摇椅式	纤弱，斜角形下颌角
颏突出	中等	中等	突出	中等	减弱
颏　形	中线型	中线型	两边型	中线型	中线型

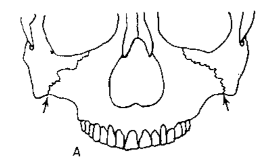
(Reichs，1986)

Martindale 与 Gilbert (1984) 根据颅骨颧上颌缝的形态 (图 1—8—1) 提出一项鉴识白种人与美洲印第安人的指标。85%的美洲印第安人该缝呈角形，在两侧颧骨的下缘，在颧上颌前点处，两侧缝的跨度最大；相反，83%的白种人呈曲线形缝，两侧缝的跨度最大点在颧上颌前点的上方，然后向内收走向两侧颧骨下缘。

日本人的颧骨常出现额外的缝线，多横走，将颧骨分为二部分或更多部分，名为日本骨 (os Japonicum) 又称颧横缝 (transversozygomatic suture)。此特征多见于日本阿伊努 (Ainu) 人，占 48.8%，其次是日本人 21.1%；美洲印第安人 0.2%，南非黑人 0.4%，白人 0.5%，均极少见。除日本人外，其他黄种人也属少见。

Birkby 与 Napoli (1984) 根据中耳卵圆窗的位置将美洲印第安人与其同人种的黄种人及其他种族人区分开。卵圆窗 (或前庭窗) 为一小孔与镫骨底板相连，在大部分非黄种人容易通过外耳道透视此小孔，但在美洲印第安人如不除去外耳道的后上壁部分，则极少可以看到。

全面凸颌、牙槽凸颌以及颧骨突出程度是进行种族鉴识的又一群重要指标。白种人的牙槽凸颌不明显(多由于牙列拥挤)、牙小并有明显的过咬合，有时在第一磨牙有



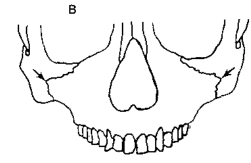
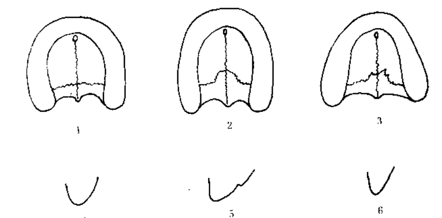


图 1—8—1　角形（A）与曲线形（B）颧上颌缝，箭头示最宽径
(Martindale)

Carabelli's 牙尖，在明显发育的下颏上方和下颌切牙的直下方可见有明显的凹入。而在黑种人，显示明显的牙槽凸颌，其牙列很少拥挤，上颌切牙常呈平卧状。由于上颌极度凸出，致在切牙根与切牙之间形成明显的角形。这在黑人上颌骨的骨碎块上仍可看到。波状的下颌骨下缘，下颌骨水平支的后部变窄，倾斜的角形下颌角等也都是黑种人常见的特征。

波利尼西亚人的下颌骨特点与黑入正好相反。其下颌角常呈方形，水平支宽厚。特别少见的是所谓摇椅式下颌（rocker mandible），其下颌体的下缘向下凸出，将其放在玻璃板上，它前后摇摆，如同摇椅。见于 73％的新西兰人和 80％夏威夷人。其他波利尼西亚人也都显示这种倾向。少数的美洲印第安人也见有摇椅式下颌。

腭形以及腭缝的形状也是可用于鉴识种族的重要特征（图 1—8—2）。在北美和中美



上列：腭形
1. 椭圆腭与直缝常见于美洲印第安人
2. 双曲线形腭与曲形缝常见于黑人
3. 抛物线形腭与锯齿形缝常见于白人

下列：乳突形（左，侧面观）
1. 宽大乳突常见于黄种人
2. 斜行并有结节为黑人特有
3. 窄而尖锐，常见于白人

图 1—8—2　腭形与乳突形
(仿 Krogman 与 Neumann)

印第安人，椭圆形腭很常见（而抛物线形腭很少见）并有直线形的腭缝。相反，黑种人显示长而两边平行的双曲线形腭和明显的曲线形腭缝，在中线处呈圆形曲线。白种人常见的是略呈三角形的抛物线形腭和在近中线处呈锐角的腭缝。东亚的黄种人常显示与白种人相同的构型，而与美洲印第安人相同的构形反而少见。波利尼西亚人变异很大，多数呈抛物线形；其东部岛民常见椭圆形，但绝无双曲线形者。

另一个今日已很少用但又很重要的指标是乳突的形态。图1—8—2介绍了3个类型的乳突形态(Neumann 1969)。黑人的乳突呈很斜的角状并沿其内侧缘有个小结节是最具有特征性的。而黄种人常见的宽大乳突与白种人常见的窄而尖锐的乳突，二者间有较大的重叠。

1930年，Todd与Tracy在研究大量的各种族颅骨形态的基础上，着重提出了5项描述性特征：

1. 眶上眉嵴

（1）高台状（mesa-like，M）

（2）波浪状（undulating，U）

2. 眶上缘

（1）锐利（sharp，S）

（2）钝圆（blunt，B）

3. 眉间

（1）圆凸（rounded，R）

（2）凹陷（depressed，D）

4. 额骨鼻骨结合部

（1）平滑（plain，P）

（2）突起（beetling，B）

5. 眶间距离

（1）窄（narrow，N）

（2）宽（wide，W）

上述每项特征都有两个对立的性状，并认为这些性状与种族有一定的联系。如典型的黑种人有波状的眶上嵴，锐利的眶上缘，圆凸的眉间，平滑的额鼻结合部和宽的眶间距离，其代表的公式为USRPW，或称为U形颅骨。白种人的颅骨有高台状眶上嵴，钝圆的眶上缘，凹陷的眉间，突起的额鼻结合部和窄的眶间距离，其代表的公式为MBDBN，或称为M型颅骨。不大典型的黑种人（多为美洲黑人），其颅骨公式可为M（B/S）DBN，有一个钝锐各半的眶上缘，提示与白人混血。

根据上述颅骨的形态描述推断三大人种是有一定难度的，如果结合某种测量＊并计算其比值，则有助于根据肉眼观察所作的推断。例如，依颅长宽指数，其长颅型大都为

黑种人，圆颅型为黄种人，长至圆颅型为白种人；依眶宽高指数（眶指数），眶低而宽（低眶型）多见于黑人，眶高而圆（高眶型）多见于黄种人，介于二者之间（中眶型）多为白种人。依鼻孔宽高指数，宽鼻孔多见于黑人，窄鼻孔多见于白人，而黄种人多介于二者之间。表 1—8—3 的资料也可供参考。

表 1—8—3　颅骨的测量资料

指标*	黄种人	白种人	黑种人	棕种人
面宽	136.9—150.8	124—134	121.3—134.2	123.0—133.6
上面高	69.0—78.3	66.4—72	60.2—67.9	61.3—70.0
颅宽	136.9—150.8	132—140.8	133.4—138.4	126.7—136.0
鼻骨最小高	2.0—2.4	4.1—4.9	1.4—2.5	3.1—3.8
鼻骨最小宽	5.7—8.0	8.5—9.1	6.8—9.5	8.1—9.6
鼻颧角		135°—137°	148°—149°	
总面角	80°—84.9°	85°—92.9°	70°—79.9°	69.9°—70.0°
鼻指数	45.0—50.9	47.9—50.6	56.0—60.4	51.4—55.8
眶指数	80.7—84.6	81.8—84.4	83.5—86.5	76.2—80.9
腭指数	85.0↑	80.0—85.0	79.9↓	
颅面高指数	49.9—58.9	50—54	49.7	43.6—47.6

* 测量指标及其标准见本节末附录。

【附录】 颅骨部分观测指标

颅长宽指数：又称颅指数（cranial index）。为（颅宽/颅长）×100。长颅型为 70—74.9；圆颅型为 80—84.9；长至圆颅型为 70—84.9。

眶宽高指数：又称眶指数（orbital index）。为（眶高/眶宽）×100。75.9 以下为低眶型；76—84.9 为中眶型；85 以上为高眶型。眶宽指上颌额点（mf）至眶外缘点（ec）的距离。眶高为与眶宽相垂直的眶入口的最大径。

鼻颧角：角的尖端在鼻根点（n），两边分别通过两侧的眶额颧点（fmo）。将三角平行规的三个脚尖分别放在上述三点上，固定此三脚的位置，然后将其放在半圆形量角板上，测出其度数。

总面角：鼻根点（n）到上牙槽前缘点（pr）的连线与法兰克福平面相交之角。测量时将头骨安放在法兰克福水平位，再用附着于直脚规上的量角器测量。或在颅骨的矢状断面轮廓图上测量。

鼻指数（nasal index）：（鼻宽/鼻长）×100。46.9 以下为狭鼻型；47—50.9 为中鼻型；51—57.9 为阔鼻型；58 以上为特阔鼻型。

腭指数（palatal index）：（腭宽/腭长）×100。79.9 以下为狭腭型；80—84.9 为中腭型；85 以上为阔腭型。

第二节　颅骨的判别函数分析

最早提出用判别函数分析法对颅骨进行种族鉴识的是 Giles 与 Elliot (1962)。他们收集了美国白人、黑人和印第安人男女性颅骨各 75 个，另各有一定数量颅骨用于测试。所选测点如下；其判别函数分析结果如表 1—8—4。

面底长 (enba—pr)　　颅长 (g—op)

鼻　宽 (na—br)　　颅高 (ba—b)

颧　宽 (zy—zy)　　颅底长 (enba—n)

颅　宽 (eu—eu)

上牙槽前缘点至鼻根点高 (pr—n)

表 1—8—4　　判别函数分析结果

测量项目	判别函数系数				
	白人男性对		白人女性对		男性对女性
	黑人	印第安人	黑人	印第安人	
enba—pr	3.06	0.10	1.74	3.05	−1.00
g—op	1.60	−0.25	1.28	−1.04	1.16
eu　eu	−1.90	−1.56	−1.18	−5.41	
ba—b	−1.79	0.73	−1.14	4.29	
enba—n	−4.41	−0.29	−2.34	−4.02	1.66
zy—zy	−0.10	1.75	0.38	5.62	3.98
pr—n	2.59	−0.16	−0.01	−1.00	1.54
na—br	10.56	−0.88	2.45	−2.19	
临界点	89.27	22.28	92.20	130.10	891.12
准确率	研究	检测	研究	检测	
白人	80.0	87.9	88.0	100.0	
黑人	85.3	92.1	88.0	81.8	
印第安人	94.7	76.9	93.3	87.1	

判断结果时，取各测量项目的测值乘以各个相应的系数，所得的积之和再与相应的临界值比较。在男性，所得的值大于 89.27 为黑人，反之为白人；大于 22.28 为印第安人，反之为白人。在女性，大于 92.20 为黑人，反之为白人；大于 130.10 为印第安人，反之为白人。

若对被检颅骨的种族与性别均不了解，应先确定其性别，可按表中所列公式计算，所得的值大于 891.12 为男性，反之为女性。

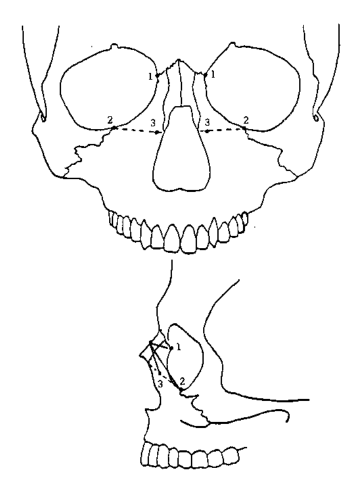


图 1—8—3　用于种族鉴识的眶间测点
(Gill 1984)

其后，Gill 等（1984，1986）又研制了用中面部测点进行种族鉴别的方法。所用测量项目如下（图 1—8—3）：

眶间宽（mf—mf）（两侧上颌额点之间的距离）（1—1）

中眶间宽（左右颧眶点间距）（2—2）

α—弦（左右上颌最深点连线切过两鼻上颌缝间与鼻孔及颧眶点相会）（3—3）

鼻梁到眶间宽矢高（subtence mf—mf）（下图 1）

鼻梁到中眶间宽矢高（下图 2）

鼻梁到 α—弦矢高（下图 3）

测量矢高时应用鼻骨测定仪（simometer）或三脚平行规，以其两外侧脚接触两侧测点，以其中间测臂的尖端在鼻梁上移动，测臂上刻度的最小读数，即为矢高。

根据上述各测量项目所测结果求得以下各项指数：

$$上颌额指数=\frac{鼻梁到眶间宽矢高}{眶间宽}\times 100$$

$$颧眶指数=\frac{鼻梁到中眶间宽矢高}{中眶间宽}\times 100$$

$$\alpha 指数=\frac{鼻梁到\ \alpha\ 弦矢高}{\alpha\ 弦}\times 100$$

根据上述三项指数用判别函数分析法（表 1—8—5）可以很好地将白种人与黑种人、印第安人及爱斯基摩人区分开，但不能将黑人与印第安人及爱斯基摩人区分开。因此，上述各项指数大于临界值者可判断为白种人，但低于临界值者不能特定地指出为非白种人的哪一种。这一方法即使在性别不明时也是可行的。本法在区别女性种族时正确率可高达 95%，而在区别男性种族时仅为 85%。

表 1—8—5 白人与其他种族人的指数均值（m）与临界值

指数	白人 m	白人 S.D.	临界值	印第安人 m	印第安人 S.D.	黑人 m	黑人 S.D.	爱斯基摩人 m	爱斯基摩人 S.D
上颌额指数	0.46	0.09	0.40	0.34	0.05	0.34	0.08	0.31	0.07
额眶指数	0.43	0.06	0.40	0.34	0.04	0.35	0.09	0.31	0.04
α指数	0.68	0.09	0.60	0.51	0.06	0.31	0.09	0.50	0.07

第三节 盆骨与股骨

早在 1921 年，Adair 就 13 个人群的骨盆资料研究，就已提出髂棘间径与双髂宽白人比黑人为大。其后 Todd（1929）也指出白人骨盆与其宽大的躯干相当，而黑种人的骨盆则与其狭小的躯干相当。

1981 年，Iscan 就白种人与黑种人男女骨盆各 75 个，用判别函数分析法研究了其间的种族差别。其测量指标有：双髂宽、骨盆上口前后高与横径。其判别函数分析结果如表 1—8—6。若所得判别函数值大于 0 则判为黑种人骨盆。在三项测量指标中，横径是最重要的，双髂宽与上口前后高的作用相同。其正确性，在黑人比白人高，女性比男性好。加入年龄因素后可以提高判定的准确率。

表 1—8—6 骨盆大小的种族鉴别（白人：黑人）判别函数系数

变量	男性系数	女性系数	准确率（%） 男	准确率（%） 女
双髂宽	0.0637219	0.0604552	75.3	82.0
常数	−16.8404300	−16.0448000		
横径	0.1303004	0.1336859	76.0	82.0
常数	−15.3459100	−17.0110900		
双髂宽	0.0567736	0.0510116	79.3	80.0
年龄	0.0205256	0.0196656		
常数	−16.1114000	−14.6507700		
横径	0.1199950	0.1181089	80.7	86.0

续表

变量	男性系数	女性系数	准确率（%）	
			男	女
年　龄	0.0273070	0.0244722		
常　数	−15.6051400	−16.4131100		
双髂宽	0.0077492	0.0033984	82.7	92.0
横　径	0.1092770	0.1127945		
年　龄	0.0252394	0.0237207		
常　数	−16.2702900	−16.5963000		

近年倾向于数骨联合用于种族鉴识的判别函数分析。DiBennardo 与 Taylor（1983）就黑人与白人男女股骨与髋骨各 65 个进行了判别函数分析。其测量项目如下：

1. 髋骨测量项目（图 1—8—4）

最大长（BC）：髂嵴最高点与坐骨最低点间的最大距离。

髋臼径（DE）：与坐骨体轴平行测髋臼缘间的距离

耻骨长（AF）：A 点（髋臼点）与耻骨联合间距离

髂骨高（AB′）：髂嵴最高点与 A 点间的距离

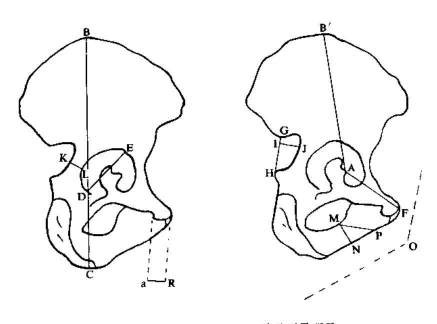


图 1—8—4　髋骨测量项目

（DiBennardo，Taylor）

切迹高（GH）：坐骨棘尖端与 Bouisson 结节间的距离

切迹位置（IH）：由切迹最深点引一垂线与切迹高的交点，至坐骨棘间的距离

髋臼坐骨宽（KL）：由坐骨大切迹下脚的中点至髋臼后缘，取垂直于坐骨长轴位，测其间的距离

耻骨下支最小高（MN）：取耻骨下支最狭处，测闭孔下缘与耻骨支下缘间的距离

耻骨联合角（O）：耻骨联合与耻骨坐骨支中央轴连线所成的角

耻骨下支斜长（MP）：由 MN 的 M 点至耻骨联合的最低点

耻骨结节耻骨联合高（QR）：耻骨结节与耻骨联合最高点间的距离

2. 股骨测量项目包括：

股骨最大长　体中部周长

上髁宽　　　髁体角

表 1—8—7 为判别函数计算时所用的系数。函数 I 的系数用于鉴识性别，正数为男性，负数为女性；函数Ⅱ的系数用于鉴别种族，大于 0，判断为白种人，小于 0 为黑种人。

这一方法的准确率高达 97%。本法的优点是不必预先确定被检骨的性别；其不足点是需测 15 个项目，其中有些项目是不常用的，由于不熟练，结果不如其他项目精确。

表 1—8—7　　盆骨与股骨联用的判别函数系数

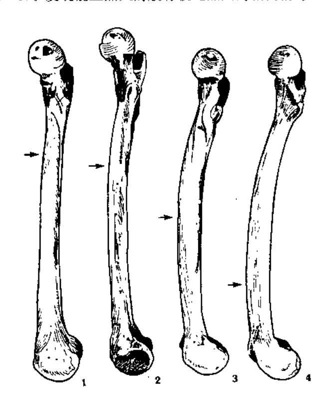
测量项目	函数 I	函数Ⅱ	函数Ⅲ
耻骨联合角（O）	0.05995	−0.00111	−0.05575
髋骨最大长（BC）	0.08364	0.04390	0.04546
耻骨长　（AF）	−0.14578	0.08075	−0.08350
髋臼径（DE）	0.10898	0.04501	0.08871
股骨长	0.00493	−0.03512	−0.01044
髂骨高（AB′）	−0.04005	0.08937	−0.12032
切迹高（GH）	−0.12707	0.03879	0.05862
耻骨下支斜长（MP）	−0.11760	−0.07668	0.11618
切迹位置（IH）	0.09952	−0.04870	0.02330
耻骨下支最小高（MN）	−0.01450	0.16440	0.15029
耻骨结节耻骨联合高（QR）	−0.07388	0.01210	−0.07574
上髁宽	0.09048	−0.01179	−0.05310
体中部周长	−0.00474	−0.07795	0.09750
髁体角	0.03341	0.14588	−0.02561
髋臼坐骨宽（KL）	−0.01507	0.08237	0.05235
常　数	−18.77931	−21.48789	10.13390
正确率	白种人	黑种人	
男性	93.8	96.9	
女性	96.9	92.3	

上述结果还表明，大而粗壮的髋骨是白种人的特征；细而长的股骨是黑种人的特征。

一些研究表明，股骨骨干的弯曲度也具有种族的特征。Stewart（1962）首先指出股骨的前弯曲的程度是鉴识美洲白人与黑人的有用指标。其弯曲指数在前者高于后者。黑

人的最大弯曲点较小。白人的股骨大都向前弯曲，黑人的则较直。

其后，Walensky（1965）研究了白人、黑人、美洲印第安人与爱斯基摩人的股骨前曲程度（图 1—8—5）。发现混血黑人的股骨较纯黑人的稍向前弯，而二者的前曲的程度



1. 黑人　2. 白人　3. 爱斯基摩人　4. 美洲印第安人

图 1—8—5　股骨前曲程度的种族差异，箭头示最大弯曲处

（引自 Krogman）

又都不如白人的股骨。美洲印第安人股骨与白人及黑人的相比，前曲更大，其最大弯曲点的位置下移至股骨远端。爱斯基摩人的股骨，其前曲程度近似印第安人，其最大弯曲处介于印第安人与黑人之间。

Walensky 的研究还表明，前曲的程度是随年龄的增加而愈益明显的。一般在 3—6 岁时较直，7—13 岁时稍弯曲，青年时更明显，成年时最明显。认为在依股骨鉴识种族时，这一增龄性变化是应当予以考虑的。

Gilbert（1976）对股骨前曲的原因作了遗传学的探讨，他支持股骨前曲与遗传有关的假说。认为这一现象很可能是人类对其自身体重的一种可塑性反应，而不是一时性的姿势或骑马等的影响。

（贾静涛）

参考文献

1、Reichs KJ. Forensic osteology. Springfield：Thomas. 1986：143—157.

1、Krogman WM, Iscan MY. The human skeleton in forensic medicine. 1986：268—298.

3、EL—NaJJar MY, McWilliam KR. Forensic anthropology. Springfield：Thomas. 1978：72—75.

4、Nash DJ, et al. Individual identification and the law enforcement officer, Springfield：Thomas. 1978：67—82.

第九章　影响骨骼个人性的某些特殊因素

以前各章曾论及性别、年龄、种族、身高等各种与骨骼个人性有关的因素，除此以外，尚有若干影响骨骼个人性的特殊因素，诸如骨骼的先天异常与发育异常，骨骼的疾病，人为的损害以及压力与习惯动作对骨骼形态的影响等，均在骨骼的个人识别中有一定的意义。对此，EL—Najjar 与 McWilliams，Krogman 在各自的著书中都有详细的记载，本章将逐一予以介绍。

第一节　先天异常与发育异常

骨骼的先天异常与发育异常在法医人类学上并不常见，但如能确切诊断，在个人识别上往往可以发挥重要的作用。伟大法医学家宋慈在其名著《洗冤集录》中就曾记载一例：

“广右（今广西）有凶徒谋死小童行，而夺其所赍。发觉，距行凶日已远。囚已招伏：“打夺就推入水中。”尉司打捞，已得尸于下流，肉已溃尽，仅留骸骨，不可辨验，终未免疑其假合，未敢处断。后因阅案卷，见初验体究官缴到血属所供，称其弟原是龟胸而矮小。遂差官复验，其胸果然，方敢定刑。”

骨骼的先天缺陷是在分娩时就已存在的异常或畸形，可能是遗传的或因产伤而获得的。在诊断这些缺陷时应当注意，在正常的骨骼变异与先天的变异之间并没有明确的分界线。这些缺陷常与在其他方面正常的颅骨或骨骼同时存在，因而易被忽略。

一、颅狭小

颅狭小（craniostenosis）是一种比较罕见的异常，表现为颅骨缝过早愈合以致因颅内

容物受压而停止生长。

颅骨缝的正常生长与愈合直接决定脑的正常生长。颅骨的生长速度与脑的生长速度相平行。在3岁以内大约完成全脑生长的80%，其后颅内容量的增加是较少的，头颅大小的增加主要是颅骨厚度的增加和面颅副窦生长的结果。在颅狭小症中颅底通常是不受影响的。

（一）颅狭小的主要类型与发生机制

根据颅狭小的不同表现，Simmons 与 Peyron（1947）提出如下的分类：

1. 颅骨缝早期发生过早的完全骨结合（Complete synostosis）包括：

（1）尖头畸形（oxycephaly），不伴面部畸形；

（2）颅骨面骨发育不全（craniofacial dysostosis）；

（3）尖头畸形兼并指症（acrocephalosyndactylism）；

（4）迟发性尖头畸形（生后发生）。

2. 颅骨缝早期发生不全骨结合　包括：

（1）舟状头（scaphocephaly）；

（2）短头畸形（brachycephaly）；

（3）斜头畸形（plagiocephaly）；

（4）混合型。

3. 颅骨缝晚期发生骨结合　此种骨结合发生于颅骨已发育为正常大小以后，因此可无畸形和症状。

所有过早的骨结合都将发生颅形异常。畸形的性质与程度取决于受累骨缝的数目，愈合的速度，骨性联合起始的年龄以及产生该种畸形的机制。严重的颅骨畸形仅见于早期的骨结合。Bolk（1915）曾检查1820个3—20岁人的颅骨，发现有1条以上骨缝发生骨结合的占18.8%。

对颅骨缝过早愈合的机制，以Morselli（1875）提出的解释为比较合理。他指出颅骨缝的过早愈合是相邻骨的骨化中心过于靠近的结果。Moss（1959）指出本病的病因学因素包括脑膜炎、佝偻病、产伤、隔代遗传、脑与颅盖骨生长关系失调等。一些学者根据家系调查的结果认为颅狭小是遗传的。

（二）常见类型

1. 舟状头（scaphocephaly）是由于矢状缝过早愈合所致，表现为颅骨长而窄，额部及中脊（类似船的龙骨）高举。这一型颅狭小的特点是在前后方向上过分生长，颅骨的宽度则相对较小。其头指数（头宽×100/头长）常低于70（属过长头型）。颅底及上颌狭窄，顶骨比正常为扁。

根据Bernat与Bernat (1973)的意见，本病不常伴发颅骨及其他骨骼的先天异常。本病属常染色体显性遗传，其基因频度并不一律。

2. 尖头畸形 (oxycephaly) 是由于冠状缝与矢状缝过早愈合，同时妨碍前后向和横向扩大的结果。尖头畸形的颅形是可变的，主要取决于受累骨缝的范围。一般，其颅骨的前后径变短，在囟门部或其附近最高，类似塔形。其眶腔变浅，导致眼球前突。上下颌比例失调，变窄；腭骨弓形高耸；上颌及颧骨发育不良；鹦鹉形鼻。尖头畸形主要见于脑生长发育时期。Greig (1926) 将尖头畸形分为3型：

(1) 真尖头畸形：属先天性，常伴有并指症 (Syndactylism) 或其它肢体畸形；

(2) 晚发尖头畸形：可见于儿童时期的任何时间，并不伴有其它畸形；

(3) 假尖头畸形：骨结合限于1至数个骨缝，面骨并不受累，非先天性的。

本病通常遗传至第2代，而不传给第3代，是由3组或2组基因所决定的。

3. 小头畸形 (microcephaly) 是脑部分发育不全，伴有颅骨厚度发育不规则所致的陷窝状颅。真小头畸形特征性表现是：额部和顶部显著后退，枕部变扁，鼻大而突出，颏后缩，颅腔容量少于1000ml，全部颅骨测值小于正常，颅骨厚，前囟及所有骨缝过早闭合，面部与头部相较为大，手足大而长。所有的小头畸形患者都显示精神发育迟滞乃至重度痴呆。小头畸形的遗传性是肯定的，患者的双亲大都是有精神缺陷的人，患者常有染色体异常。

4. 斜头畸形 (plagiocephaly) 是1条或1条以上颅骨缝单侧过早愈合所致的颅骨发育异常，最常受累的是颞顶缝。颅骨的发育，一侧表现正常，另侧发育低下。本病的病因尚不清楚。

二、其它颅面畸形与异常

（一）蜘蛛状指

蜘蛛状指 (arachnodactly) 又称为Marfan′s综合征。为一种常染色体显性遗传病。主要表现是肢体过长，手足骨甚长而细，胸骨陷下，头长型，眶上缘显著，前额突出，尖下颏，脊柱后突，鼻宽而扁。

（二）脑积水

脑积水是一种脑脊液在脑室和蛛网膜下腔中异常蓄积并伴有大的球形颅与额前突的疾病。主要表现是头大，颅围增加，而面骨相对较小，颅骨变薄，囟门突出，颅骨缝分开较宽其中常充塞有缝间骨，眶上缘萎缩，颅底变扁平。有报告其颅腔容量可高达2600ml，比正常成人高约1000ml。

（三）过距症

过距症（hypertelorism）是一种少见的先天性颅面畸形。两眶相距异常变宽，眶形变圆，向侧方移位，眶腔很深。颅骨的额部低下，颅穹窿显著，鼻骨短，鼻宽增加，乳突较大，垂体窝增大，蝶骨小翼发育良好而大翼发育迟滞，据 Pendergrass 等（1956）意见，颅骨的生长发育异常主要在脊索前部，因此鼻及眼部显著受累。

（四）三角头畸形

三角头畸形（trigonocephaly）是颅骨呈三角形，额骨突向前方的一种病态。见于大约 2 岁时开始的额缝愈合，愈合的进行比较缓慢。由于额缝愈合，额骨达不到正常的生长形态，眶上部分很窄，直至冠状缝。冠状缝的骨性联结是源于颅骨的异常，还是继发于其下位脑发育缺陷，尚不清楚。

三、其它骨骼的发育异常

（一）软骨发育不全

软骨发育不全（achondroplasia）见于大多数普通型侏儒，表现为颅骨及其它骨骼的生长异常与畸形。患本病者有不少是死胎或死于生后不久。幸而生存者，其智力正常并能营正常生活。但大都是身高不足 1.2 米的侏儒，其下肢短小，头颅大而前额突出。鼻背凹陷面扁，面骨较小，长骨粗厚，小腿骨弯曲，指骨短面宽，椎体薄，骶骨狭窄而骶髂关节位置低下。大约 30%的软骨发育不全性侏儒有胸腰椎后突（驼背）。本病主要是由于骨软骨生长带发育紊乱，但其病因尚不清楚，有遗传性。

（二）椎骨发育异常

1. 椎体融合与 Klippel—Feil 综合征　先天性颈椎椎体融合比较常见，有时亦见于胸椎椎体乃至其它椎体。椎体融合大都是由于先天性无椎间盘所致。椎体融合常同时伴有椎弓融合乃至棘突的部分或完全融合，致椎骨如同一坚实的骨块。

Klippel—Feil 综合征是一种下位颈椎先天畸形合并广泛的椎体融合，棘突、椎弓与椎体融合成一个硬块。本病可同时伴有枕骨畸形、脊柱侧突和脊柱裂。

2. 先天性无椎弓根　较明显症例常同时伴有邻接椎弓的改变，如无椎弓板或无关节突。在有些颈椎先天性无椎弓根病例，其椎孔增大，横突缺损及椎弓较紧密是比较共通的所见。先天性无椎弓根及其并发的骨缺陷乃是椎弓软骨性成骨有不同程度缺陷的结果。

3. 无齿状突　第 2 颈椎先天性无齿状突是一种罕见的异常。齿状突的骨化来自 3 个中心，其中两侧骨化点出现于生后 5 个月；1 个顶端骨化点出现于 2—5 岁。在 3 或 4 岁

时齿状突与枢椎同时骨化。无齿状突乃是由于 3 个骨化中心未发育的结果。

4. 先天性无骶尾骨　本病的病因不明，认为与遗传有关。与这一缺陷并存的骨骼改变有：腰椎突出，髋骨脱位，畸形足，脊椎异常如楔形或半脊椎，骨盆狭窄，先天性膝关节不全脱位等。

5. 脊柱后侧突与脊柱后突　脊柱后侧突（kyphoscoliosis）与脊柱后突（kyphosis）常易误为结核病。本病的特点是脊柱呈角形或曲线形畸形，其凸面向后或向外后方，多见于胸椎。脊柱后突有两型：其一常伴有广泛的骨化失常，见于骨软骨营养障碍（chondro--osteodystrophy）、脂肪软骨营养不良（gargoylism）、呆小病（cretnism）和软骨发育不全（achondroplasia）；另一型则仅有脊柱的局部性畸形，其它骨骼则发育正常。

脊柱后突常见于第 4 胸椎与第 4 腰椎之间，特别是第 10 胸椎与第 2 腰椎之间。这一缺陷包括：（1）椎体缺失；（2）椎体缺失伴有相邻的小椎骨（microspondyly）；（3）1 或 2 个脊椎是小椎骨；（4）两相邻椎骨的不全分节（incomplete segmentation）；（5）椎骨的一角缺损；（6）侧面观椎骨呈楔形，正面观呈蝶形。

脊柱后突的病因尚不清楚。

6. 脊柱侧突（scoliosis）通常有 3 种类型：

（1）特发性脊柱侧突：特点是脊柱向外侧偏离，并有椎骨转位。本病多见于腰椎，大约由 10 岁起发病持续至青年期。累及胸腰椎者少见。影响脊柱排成一列的主要结构变化是椎体的楔形畸形。椎骨楔形畸形的发生是由于一侧骨骺发育停止的结果。

（2）生理性脊柱侧突：主要见于腰椎和颈胸椎，其凸面常朝向左侧；如见于胸椎，其凸面朝向右侧。侧突的脊柱，其椎骨是由三型构成的：楔形、菱形和中间型。楔形椎骨的显著特征是椎体的一侧高度变小，仿佛椎骨的一侧塌陷。菱形椎骨是其外观呈明显的菱形，但其两侧高度无明显差别。中间型椎骨是有明显的畸形的指征，但其形状正常。楔形椎骨是脊柱侧突的主要原因。生理性侧突的最主要特征是椎体的前后径变长和椎弓根畸形。

（3）麻痹性脊柱侧突：是由于脊髓灰质炎后背部肌力减弱，产生结构的和姿势的失衡，引起脊柱曲线的各种变异。通常在本病有三型脊椎转位：①由于 1 或 2 个椎骨旋转所致的单侧脊椎转位；②同一节段的大部分椎骨向同一方向旋转所致的节段性脊椎转位；③同一节段的大部分椎骨交替向不同方向旋转所致的交替性脊椎转位。

棘突转位可见于下述任何一种情况：①全部或大部分棘突指向同一方向；②前 7—9 个胸椎棘突指向一侧，第 10、11 或 12 胸椎至第 4 或 5 腰椎棘突指向另一侧；③前 4—5 胸椎棘突指向一侧，其余的棘突仍位于后正中线上。

麻痹性脊柱侧突与其它原因的脊柱侧突区别点在于：脊椎的致密度一致，椎骨的早期过度地旋转和暂时性凹面旋转。

7. 脊柱裂（spina bifida）隐性脊柱裂是由于脊椎后弓不完全融合所致的一种发育异

常。常见于第5腰椎和第1、2骶椎。发展充分者，其椎弓板和椎弓根均缺失，称为脊柱裂。本病具遗传性。

8. 椎骨脱离(spondylolysis) 是由于腰椎上下关节突间椎弓板未能骨化所致的一种发育异常。其结果将椎骨分为椎体（连同上关节突）、椎弓（连同下关节突）两部分。由于下关节面的固定作用消失，使椎骨向前滑动，而产生脊椎前移（spondylolisthesis）。脊椎前移通常指的是椎体、横突、椎弓根、上关节突及其相邻部分椎弓板的向前移位。

椎骨脱离可看做是由于压迫骨折累及一个或数个关节间部所致的后天缺陷。例如体操运动员发生多次小损伤即可导致本病。本病常为双侧性，最多见于第4、5腰椎关节。

（三）其它骨发育异常

1. 锁骨颅骨发育不全（cleidocranial dysostosis） 是比较少见的先天性骨骼缺陷。其主要特点包括：一侧或双侧锁骨完全或不全发育障碍；颅骨骨化不全，颅骨缝变宽，其间常充塞缝间骨；囟门骨化延迟，伴以骨缝愈合不全；额骨隆起。与颅盖的大小相比，颜面骨的比例失常，并比通常显著为小。重症病例，其双肩可在前面会合。脊椎可有脊柱侧突及其它畸形，指关节畸形，指骨短，耻骨联合骨化不全且联合分离，股骨颈变短。牙齿发育延迟，常有异位植入，牙釉质覆盖不全，牙根发育不全，牙阻生及多余牙胚等。本病的病因尚不清楚。

2. 成骨不全（osteogenesis imperfecta）是一种比较常见的遗传性间叶发育障碍，产生以不同程度变软、变脆为特点的骨骼结构的变化。其早发型者属于使儿童不能生存的严重遗传病；晚发型者则以骨质的坚实度显著减弱作为共通的解剖病理学基础。本病很可能是一种先天性由于蛋白基质缺乏所致的成骨细胞功能障碍。由于椎骨体的骨松质部含骨小梁过少，甚易塌陷，而造成不同程度的畸形。骨盆变形成"心形"。患者身材短小，常有多发性骨畸形或骨折。颅骨常呈三角形，牙齿发育延迟。X线检查显示骨质纤细并具多孔性，新旧骨折愈合所致的畸形。显微镜下见骨质菲薄，网状骨小梁甚少，有处可见多数密集的成骨细胞围绕着其量甚少的基质排列。新形成的骨小梁薄而脆弱。

3. 骨石化病（osteopetrosis） 大多数属于常染色体隐性遗传病，特点是整个骨系统的皮质、髓质致密度增加，骨小梁结构部分或完全被破坏，髓腔变小或消失。长骨的末端鼓槌样变（多见于肱骨的上端和股骨的下端），干骺端可见有横带。骨的长短大都正常，但外形可发生改变。受累较重的部位是椎骨、盆骨、颅骨、肱骨上端、胫骨和腓骨下端。颅骨缝线多比正常为宽，后床突变棒状，蝶鞍变浅，颅底前后径变窄。有的例子颅盖骨显著变厚（平均达1.7cm），本病常见多发性骨折。肉眼观察骨质致密而硬，难以锯开。锯开长管状骨的骨干，见髓腔中充满与皮质致密度相同的骨组织而无骨髓。

4. 遗传性多发性外生骨疣（hereditary multiple exostosis） 是一种遗传性中胚层发育不良。最常受累的部分是骨的生长端。外生骨疣可见于单侧或双侧，单发或多发。好

发部位为股骨、胫骨，肱骨上端，腓骨，桡骨和尺骨。骨疣极少由骨干的中部突出。

第二节　骨的其它疾病与人为损害

一、骨的其它疾病

Brothwell（1981）提出 11 类骨的疾病值得在法医人类学实践中予以注意。

1. 全身感染　包括骨炎、骨膜炎、骨髓炎、结核、密螺旋体病和麻风。后两者在现代人群中已相当罕见。

2. 肿瘤　包括单纯性肿瘤如骨瘤，以及复杂的肿瘤如骨肉瘤、多发性骨髓瘤等。

3. 关节病　包括急性化脓性关节炎、慢性关节病、痛风及其它。

4. 畸形　包括脊髓灰质炎及先天性髋骨发育障碍。

5. 内分泌问题　包括由于激素水平过低或过高所致的骨骼异常，如垂体机能亢进所致的巨人症或肢端肥大症；垂体机能减退所致的垂体性侏儒等。

6. 饮食　由饮食缺乏所致的骨病，常见的有佝偻病、坏血病等。

7. 血液异常　最常见引起骨骼异常的血液病是贫血。贫血可源于遗传，如镰状细胞贫血与地中海贫血；也可源于环境因素，如肠道寄生虫。

8. 牙齿问题　包括龋齿、牙周病、脓肿形成、发育不全、牙石等。如曾接受治疗，常能作为重要的个人识别指征。

9. 来源未定的后天影响　包括 Paget' s 病和骨质疏松症。后者十分常见，但很难据此作出个人认定。如因而发生病理性骨折，可有助于个人识别。

10. 先天发育异常。

11. 颅狭小。

二、骨的人为损害

（一）颅骨环钻术

环钻术（trephining or trepaning）指的是为了某种目的，由颅骨上取下一块或数块小骨的过程。这种作法早年曾见于欧美、非洲乃至亚洲若干地区。在有些地区，至今仍为某些土著医生所采用。

各地施行颅骨环钻术的动机是不同的。有的是为了修补颅骨骨折，有的是为了减轻颅内的病痛。生前施行的环钻术，主要是为了医疗的目的；死后施行，则主要是为了获取人颅骨的小圆片。后者曾见于史前期的欧洲，至今在非洲部分地区仍有施行。所得到的小骨片通常是圆形的，钻孔和磨光后，用于制备项链。

施行环钻术的最常见的位置是额骨，其次是顶骨，偶见于枕骨。颅骨被钻孔的数目也不一，最多的有达至 7 个的，并留有治愈的痕迹。

和施行颅骨环钻术相似的，尚有用某种人为的方法，故意改变颅骨的形状的。在亚洲，有的民族至今尚有为了美的目的，用不断增加套环数目的方法使颈部的长度增加，结果使锁骨乃至胸廓严重变形。

（二）截肢

在法医人类学上值得注意的是截肢后相邻骨所发生的变化。Barber（1934）曾就 14 例截肢者（截去手臂或大腿），测量了肩胛骨与锁骨的重量和长度（3 例），股骨和盆骨的重量（8 例），结果如表 1—9—1 所示：

表 1—9—1　　截肢后相邻骨的变化

例号	重量		长度		重量		长度		截肢部位
	健侧	截侧	健侧	截侧	健侧	截侧	健侧	截侧	
	上 肢 截 肢								
	肩 胛 骨				锁 骨				
1	106	90	177	178	34	32	154	153	
2	63	31	163	148	23	11	147	119	
3	54	40	153	153	20	13	151	141	双臂
	下 肢 截 肢								
	股 骨				髋骨				
4					231	227			左大腿
5	499	428			208	201			左小腿
6	369	260			188	187			右小腿
7					185	158			左大腿
8					210	177			左大腿
9					245	221			右大腿
10	470	357			231	203			左大腿 右脚
11	468	459			235（左）	228（右）			双小腿（右，高位）

由上表可见截肢后的主要效应是截肢侧相邻骨的重量和大小都减少。这一效应主要取决于截肢的部位和时间。据 Todd 与 Barber（1934）资料，上肢截肢者经数月后截肢侧肩胛骨重比健侧减少 15%；经 3 年左右，减少 43—50%。在小腿或大腿截肢者经时较短者，截肢侧股骨失重约 7%，髋骨失重约 5—20%；经时较长者，截肢侧股骨失重约 5—32%，髋骨失重约 2—32%。上述各骨的大小与形态，用肉眼观察即可见两侧有明显的区

别，健侧大而粗壮，截肢侧小而菲薄。

产生上述变化的原因主要是废用侧骨质吸收增加所致。通常在截肢后数日，手术侧的所有骨都开始疏松化，其程度逐渐增加持续约 14 日，骨的构筑才开始稳定下来。这种骨松化的过程在近关节端与肌肉附着部更为显著。

这种制动的效应，在受伤的正常骨表现为骨的致密度降低，皮质变薄，髓腔变宽。这些改变在制动后 3 周即已出现。

第三节 压力与习惯对骨骼形态的影响

一、压力与应力的影响

压力对骨骼形态的影响主要取决于以下 4 种局部性因素：(1) 压力及机械运动的程度与量；(2) 压力消散的效率，关节及软骨的结构与厚度是影响压力消散的重要因素；(3) 压力持续的时间；(4) 压迫的频度。

研究压力及机械运动对肱骨下端的影响发现，肱骨小头的表面有退行性改变，如多孔性、象牙质样变性 (eburnation)、崩坏和再造。这些改变的发生是由于肱骨小头是旋后、旋前、曲伸诸力的集中点。改变由软骨的破坏开始，持续发展为小头的多孔性与扁平化。尽管这种情况比较少见，但可用于无名尸骨职业或运动种类的鉴识。

Kennedy (1983) 在考古研究中发现原始人尺骨的旋后肌嵴肥大伴有附近的旋后肌窝显著变深，这种改变出现的频率很高。同时还见有明显的肘后肌—肱三头肌附丽标记。一般在成人，旋后肌嵴与窝是消失的，其在原始人中的出现与狩猎运动，抛掷枪矛、绳镖、石块等有关。这种改变也应见于现代从事掷铁饼、铁球、标枪、野球、板球、水球等运动员的尺骨。

脊柱受压可以出现椎间盘脱出。Kelley (1982) 描述一种新月形病变，见于下部胸椎和腰椎椎体。以后确认这种病变乃是一种椎间骨软骨病，是由于承受压力所致。认为压力的增加可以导致椎间盘的破坏，直至发生变形性椎关节强硬。

骶髂部骨质也可因承受压力而发生变化。在骶骨背面的骶中间嵴与耳状面之间，大致在 S1—S2 水平可见骶髂部的副关节面。在髂骨，这副关节面见于髂粗隆。副关节面的出现率很高，并与年龄密切相关。该面除与年龄相关外，在有的地区尚与背孩子的习惯有关，因而多见于妇女。

下肢发生的压力性形态变化主要见于习惯性跪坐的情况下。表现为在跖骨远端上面出现小的骨性扩展面，骨面小而扁平，近端有界线清楚的边缘。这些改变是由于跪坐时跖指关节长时间过度背屈的结果。

与跖骨远端小面相似的还有胫骨下端前面出现的蹲踞性关节小面。在检验骨骼时见

有这些小面，可提供下述个人识别方面的线索：

（1）职业性跪坐或蹲踞：农民、家庭手工业者；

（2）环境因素：爬山需要踝关节过度屈曲；下山也可能在胫骨上形成副小面。

（3）种族因素：蹲踞小面和跖骨小面较常见于不发达的社会和土著人群中；

（4）管理人员和学生。

关于压迫与骨骼形态变化的关系研究尚不充分，但一些观察已证实其间存在的因果关系。例如 Angel（1984）判定下颌髁突前面内侧和外侧存在的界线清楚的结节，表明是习惯性使用翼外肌并使下颌骨前突的结果。这种前突是由吹黑管的习惯性动作所决定的。

由于习惯性使用和体位，在其它部位的骨骼也可发生类似的变化。例如以粗壮指数（robusticity index）为代表的股骨粗壮度，工矿中的工人多较高。扁平股（platymeria，股骨的前后径变扁）和扁平胫（platycnemia，胫骨的横径变扁）也都说明骨骼受压力作用的后果。股骨的扁平指数（platymeric index，转子下矢径×100/转子下横径）标志着身体对用双足走路和支持体重的适应能力；指数低下是由于病理情况造成的。扁平胫则与病理情况、肌肉因素以及习惯性蹲踞等有关。

综上所述可以认为，人类的一定的动作将会在不同部位的骨骼上留下相应的印迹，表现为跪坐小面、骶髂副关节面、尺骨旋后肌嵴与窝以及下颌骨髁突前面骨结节等，仔细检查这些印迹都将对个人识别起到重要的作用。

二、左利、右利的影响

左利与右利是一种特殊形式的压力或应力，在惯用手侧表现为肩带骨与臂骨发生一定的形态变化。以往的研究认为上述诸骨的左右侧间，正常时并无明显的区别。自 Schulter—Ellis（1980）以来，应用已知左、右利的尸骨，经严格对照观察，使用肩胛盂背坡偏转角度、肱骨下端宽、伸肌小面、上肢长骨全长等变数，发现线性大小与偏转角度都与惯用侧有关联。如有伸肌小面存在，也与惯用侧有关。小面的发育程度分为 3 级，第 3 级小面最平。也有完全不形成小面者。使用上述诸变数判断死者生前的左右利是完全可能的。

Longia 等（1982）研究了锁骨菱形窝的大小与左右利的关系。菱形窝位于锁骨的下内方，为起自第一肋软骨结合部的肋锁韧带提供韧带的附丽区，能限制锁骨的上举和强化胸锁关节的纤维囊。Longia 等应用印度一医学院 200 侧锁骨，研究了菱形窝的高度、宽度和形状，发现无菱形窝最常见于左侧；窝长超过 20mm 者大都来自右侧；窝宽 10mm 以上者也是右侧比左侧常见。

Kennedy（1983）观察到的尺骨形态变化（已如前述）也可用于左右利的鉴别。

参考文献

1. El—Najjar MY, McWilliams KR. Forensic anthropology. Springfield: Thomas. 1978 : 153—170
2. Kroman WM, Iscan MY. The human skeleton in forensic medicine. Springfield : Thomas. 1986 : 376—406
3. Anderson WAD. Pathology. v01 2, 6th ed. St. Louis : Mosby. 1971 : 1691—1695
4. 贾静涛校订。宋慈洗冤集录。上海科技出版社。1981

（贾静涛）

第十章　颅骨的身源鉴定

人体骨骼的许多部分都能为个人的体格提供基本的资料，唯有颅骨不仅能为年龄、性别、身高乃至种族提供最佳资料，还能用于头部的个人识别（cephalic identification）。颅骨的身源鉴定或称颅骨的个人识别（personal identification from skull）就是以受检颅骨为对象，运用法医人类学的方法研究该颅骨为何人所有，从而为侦查破案提供依据。

颅骨是活人头部的母基或骨性核心，从解剖学家 Schaaffhasen（1877）首先提出利用颅骨复原古人类的设想起，百余年来人们从未停止在这个有点神秘的领域里进行探索。到今天，大量的事实使人们认识到，颅骨作为活人头部的骨性核心，蕴藏着活人头面部形态特征的大量信息，只要充分发掘和运用这些信息，就会使颅骨的身源鉴定成为可能。

在法医人类学上，颅骨的身源鉴定有两种主要的方法：面貌复原法和颅相重合技术。

第一节　从颅骨形态推定面貌特征

对人颅骨形态的研究是开发与运用面貌复原法的重要基础，所得的结果本身就能为该颅骨的生前面貌特征提供一定的依据，据张伟纳等（1983）就中国人颅骨进行研究，用通常的人类学测量方法，可由颅骨的形态相当准确地推知人的头部形态、面形与额形。

一、头部形态

为了由颅骨形态推定头部形态，通常采用颅形观察与颅骨测量两种方法。

（一）颅形观察

对颅形观察，一般采用正面观和侧面观，必要时进行顶面观。

1. 正面观　除了观察整个颅形的阔狭外，注意观察颅顶形态。颅顶可分为 3 型：颅顶突起的为尖顶头，颅顶平坦的为平顶头，颅顶呈弧形的为圆顶头。

2. 侧面观　除了观察整个颅形的长、短（圆）、高、矮外，注意观察额、枕部形态。额部形态后面还要提到，枕部形态可根据枕外隆凸的突起情况，分为显突、微突、圆滑 3 型。

3. 顶面观　主要观察颅骨顶面的轮廓形态，按人体骨骼测量方法规定的标准分为球形、楔形、椭圆形、卵圆形、菱形和五角形等 6 型。

（二）颅骨测量

按人体骨骼测量方法测得颅高、颅宽与颅长，分别求出颅宽高、颅长高和颅长宽三种指数，并按指数的大小分型。

二、面形

面形在个人识别上有重要意义，这是人所熟知的。但是面形的推断也比较复杂。面颅诸骨的形态和骨性特征固然是面容的基础，而面部软组织的覆盖情况与丰满程度也与面形密切相关。同时面容还存在着种族、性别、年龄上的差异。因此研究面容时不能不对上述诸因素作综合考虑。

单纯从颅骨推定面形，额鳞、颧骨、下颌骨的形态与特点，对面容起决定的作用。例如额鳞部较宽广而下颌骨呈方形者多为方形或长方形的面形；额鳞部宽而下颌骨呈尖形者为卵圆形脸；而额鳞部狭小，下颌骨呈方形者为梯形或三角形脸。两侧颧骨大者脸宽，小者脸窄，等等。

为了用测量资料表达面形，张伟纳等提出用以下 3 项指数做为分型的基础：

1. 额指数　可由最小额宽×100/面高求得。其范围为 51.1—64.8。按下述标准分型：阔型 60.4—x；中型 54.9—60.3；狭型 x—54.8。

2. 颧指数　可由最大面宽×100/面高求得。其范围为 73.7—91.5。按下述标准分型：阔型 84.5—x；中型 76.8—84.4；狭型 x—76.7。

3. 颏指数　可由颏孔间宽×100/面高求得。其范围为 24.9—32.6。按下述标准分型：阔型 31.5—x；中型 29.7—31.4；狭型 x—29.6。

根据上述 3 项指数的分型，可将面容分为 6 类，如表 1—10—1。

表 1—10—1　　面容分类标准

面容分类	额指数	颧指数	颏指数
方形	阔	阔	阔
长方形	中	中	中
	狭	狭	狭
圆形/椭圆形	中	阔	中
卵圆形	阔	中	中
	中	狭	狭
梯形	中	阔	阔
	狭	中	中

在划分面形时，还应结合下颌角度和颏部形态进行考虑。下颌角度愈大，脸形愈长；下颌角度愈小，脸型愈短。颏形有尖形、圆形、方形三种，都能不同程度地影响面容形态。

按照上述标准对面容分型，经与生前照片对比，其准确率约为 91.5%。

三、额形

额部的形态观察主要注意以下 3 点：(1) 额的宽窄；(2) 倾斜度，有的人额部前突而不倾斜，有的则倾斜度大，呈斜坡状；(3) 额结节与眉弓隆起，有的隆起不明显，有的则特别显著，以致在额结节与眉弓之间形成一条凹陷带。这些特征都能在活体面容上明显反映出来。

在测量方面，依据额角和额弦弧指数的数据，可将前额的倾斜度和整个额鳞部的倾斜度做较准确的判断。

1. 额角　即额缝点和眉间点连线和眉间点与颅后点连线所呈的角。用于估价前额部的倾斜度。额角愈小，前额愈倾斜；额角愈大，前额愈平直。中国人的额角范围在 63°—91.5°之间。可将其分为 4 级：90.1°以上，前额突出；80°—90°，前额近平直；70°—80°，前额倾斜；70°以下，前额明显倾斜。

2. 额弦弧指数　可由额骨弦×100/额骨弧求得。用于估价整个额鳞部的倾斜度。凡额弦弧指数大的，额鳞部较倾斜；凡额弦弧指数小的，额鳞部较隆起。中国人额弦弧指数的范围约在 84.2—92.1 之间。以 87.2 以上为高额弦弧指数，以下为低额弦弧指数。

四、发际

人头部发际的界线和头发生长的疏密情况能够在颅骨上反映出来。其特点主要是有发区的骨质表面较为粗糙，无发区表面则较为平滑。凡在死前头皮上生有毛发的颅骨都可见到许多微细小孔（暂称之为滋养孔），并且毛发越密集处滋养孔越多；毛发越稀疏处，滋养孔越少；没有毛发的区域，滋养孔甚少或缺如。例如，有的瘌痢头，头发稀少，在颅骨上仅见到稀疏而大小不规则的滋养孔；有的年老秃顶，颅骨上则没有发现滋养孔。

额部发际的位置恰在额鳞部平滑面和粗糙面之间，或在有滋养孔区与无滋养孔区之间。额部发际位置的高低，与额鳞部的形态也有关系。额鳞倾斜的，发际位置高；额鳞前凸的，发际位置低。

第二节　面貌复原法（一）——面貌雕塑法

一、概念

面貌复原法又称复容法（facial reconstraction；facial restoration；restoration of physiognomy），其经典概念是，根据被检颅骨解剖学特点及其平均软组织厚度数据，用可塑性物质（软塑泥、蜡、粘土、塑像用粘土）在颅骨的复制品上重建与死者生前面貌相似的塑像。实际上，这只是面貌雕塑法的概念。近年，随着一些新的面貌复原法的兴起，如颜面影像复原形态图法、颅骨侧面描记法等，面貌复原法有了更广泛的含义。从广义来说，面貌复原法的概念应当是，根据颅骨的解剖学特点，用科学的方法重建与死者生前面貌相似的形象。

面貌雕塑法（facial sculpture）是由德国学者 His（1895）和 Kollmann，Büchly（1898）创始的。His 首先用 15 个测点测量了尸体头面部的软组织厚度（图 1—10—1）；kollmann 和 Büchly 又进一步根据胖瘦状态提出了相应的平均软组织厚度。His 等的研究成果为以后的面貌雕塑法的研究与应用奠定了重要的基础。

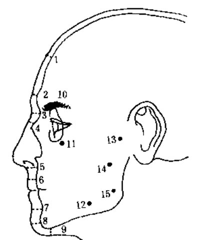


图 1—10—1　His 颜面软组织厚度测点

苏联人类学家 Gerasimov MM（1949）在深人研究面部五官分型以及复原方法的基础上，发表了名著《从头骨复原面貌的原理》，对面貌雕塑法的研究发生了深远的影响。

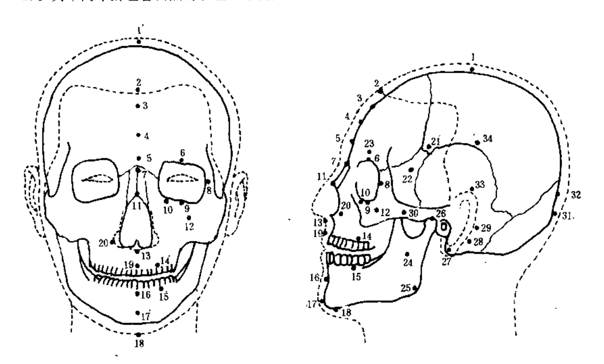
面貌雕塑法是把法医人类学和造型艺术结合起来的造型科学，是法医人类学者、解剖学家与艺术家的合作的结晶。尽管面貌雕塑法已经进行了近百年的研究，在理论方法上取得了今非昔比的重要进展，在实际应用上也不乏激动人心的事例，但是颅骨的解剖学结构特征不可能完全提示一如生人的面貌形象。为了塑造一个与生前面貌相符的、具有鲜明个性的形象，不能不借助于艺术家的艺术想象力。

二、面部软组织厚度

面部软组织厚度测量是面貌雕塑法的最基础的工作。测量的方法迄今已有多种，如针刺法、烟熏针刺法、X 线摄片法、超声波法、CT 法以及核磁共振扫描法等，一般以前 3—4 种方法为主。针刺法适于以尸体为对象，其它方法则在活体上即可测量，所得数据也可望更为精确。

针刺法是由 His 所创用的，即以细钢针或针灸用针直接刺入软组织内，以抵骨为止。用微型血管钳紧贴皮肤钳住钢针予以固定，拔出后，测量刺入部分即可。或者用缝衣针穿上薄橡皮片，垂直刺入软组织内达颅骨，上下调节橡皮片至皮肤的表面。拔出后在游标卡尺上测量其长度。

丁涛（1983）曾就死因不明的新鲜急死尸体，按 His 的 15 个测量点，测量了中国人的面部软组织厚度。魏焕萍等（1989）又就甘肃地区汉族成年尸体 30 具（男 24，女 6），在头面部各主要代表区设立了 34 个测量点（正中线上 14 个，侧面 20 个）（图 1—10—2）。其不同年龄组各测点的软组织厚度如表 1—10—2。



1. 头顶点 2. 前额发际点 3. 额结节间点 4. 眉间上点 5. 眉间点 6. 眶上缘中点 7. 鼻根点 8. 眶外缘中点 9. 眶下缘中点 10. 眶下缘内半中点 11. 鼻骨下端点 12. 颧骨最高点 13. 人中根部点 14. 上唇第一后磨牙点 15. 下唇第一后磨牙点 16. 颏唇沟点 17. 颏隆凸点 18. 颏下点 19. 人中中点 20. 鼻翼外点 21. 额颞点 22. 颧弓上最高点 23. 眉弓中点 24. 下颌支点 25. 下颌角点 26. 耳前点 27. 乳突中点 28. 耳廓后下点 29. 耳廓后中点 30. 颧弓中点 31. 枕外隆凸点 32. 头后最高点 33. 耳廓上点 34. 头侧面最高点

图 1—10—2　头面部前面（左）及侧面（右）软组织测点

表 1－10—2　　头面部 34 个测点的软组织厚度　　(mm)

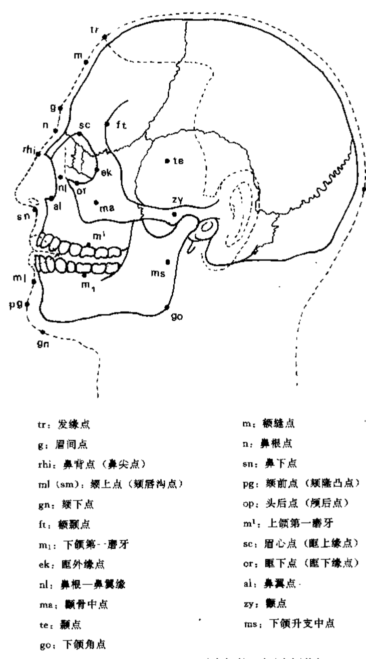
测量点	年龄组 19－26 (6)	30—39 (6)	40－49 (6)	50—59 (6)	60— (6)	均值	S.D	最小值	最大值
1	6.87±2.02	4.70±0.95	5.60±2.0	5.15±1.47	5.42±2.57	5.47	1.95	2.8	9.5
2	4.25±1.68	2.67±0.54	3.15±0.73	3.32±0.57	2.80±0.61	3.30	1.05	2.1	6.6
3	4.55±2.07	2.55±0.58	3.15±0.97	2.70±0.80	2.94±0.64	3.27	1.20	2.1	5.0
4	5.12±2.49	2.92±2.92	3.50±1.05	3.0±0.82	3.30±1.12	3.86	1.75	1.6	8.7
5	5.85±1.53	4.30±1.08	4.47±1.10	4.42±0.82	4.60±0.62	4.75	1.07	3.2	7.8
6	6.85±1.52	3.45±0.52	5.10±1.06	5.0±1.15	5.30±1.87	4.91	1.49	2.9	7.1
7	5.77±2.49	3.72±0.86	4.92±0.97	4.42±0.85	4.40±1.28	4.50	1.45	2.7	9.2
8	6.30±3.54	3.05±0.57	7.40±7.80	4.82±1.49	4.62±1.60	5.21	3.75	2.7	19.1
9	8.45±2.85	3.55±0.74	5.0±2.26	5.20±1.85	5.46±3.45	5.58	2.69	2.5	11.1
10	7.60±1.93	3.95±1.36	6.40±5.30	5.70±2.05	5.24±1.89	5.83	2.76	2.7	14.3
11	5.25±2.18	2.27±0.34	4.80±1.67	3.0±0.74	2.88±0.88	3.63	1.65	2.0	8.3
12	11.82±3.20	5.62±1.19	7.57±2.25	8.15±2.70	7.82±2.71	8.25	2.95	4.1	13.8
13	10.45±1.35	7.30±1.56	8.80±0.77	9.02±0.93	8.62±1.28	8.84	1.47	5.0	9.5
14	13.07±2.24	8.50±3.24	13.42±4.17	11.02±2.95	10.92±4.39	11.29	3.67	4.7	18.5
15	10.97±2.44	8.0±1.39	10.80±2.18	10.65±2.23	9.34±1.98	9.86	2.25	6.9	14.1
16	9.22±1.13	8.37±1.64	9.07±0.85	10.17±0.87	9.60±2.29	9.33	1.52	6.1	12.7
17	6.10±1.95	4.95±1.78	5.60±1.03	6.92±1.45	5.76±1.82	5.96	1.65	2.6	8.8
18	5.75±1.84	3.52±0.73	4.62±0.61	5.82±1.26	5.02±2.01	5.96	1.54	2.9	7.9
19	9.72±1.51	7.97±1.83	9.02±2.97	7.67±1.71	8.72±2.51	8.49	2.35	3.2	13.1
20	10.90±1.44	7.60±0.94	10.52±4.16	9.42±0.68	9.64±1.65	9.54	2.27	6.3	16.4
21	11.10+4.02	9.62±3.61	12.65±3.03	8.62±2.79	7.26±2.26	9.71	3.45	4.3	17.1
22	16.55±2.17	9.52±1.79	14.02±3.17	13.47±5.22	12.68±5.20	13.20	4.17	7.6	18.5
23	6.02±2.27	4.47±1.11	4.90±1.16	5.17±1.19	5.69±1.31	5.33	1.45	3.1	8.4
24	16.37±2.35	8.82+1.97	8.82+3.0	8.77±3.33	11.48±5.12	10.97	4.27	6.3	18.6
25	13.42±5.80	5.87±2.02	7.50±0.60	7.05±0.54	9.08±5.85	8.54	4.45	3.5	22.1
26	12.12±2.70	9.27±4.18	12.23±5.38	9.85±2.50	8.92±1.66	10.47	3.38	6.1	19.40
27	9.30±6.41	5.67±2.08	7.12±2.58	6.02±1.04	7.50±3.25	7.23	3.39	3.8	18.8
28	10.10±7.60	7.72±3.51	9.37±3.12	7.52±3.04	7.64±3.17	7.73	3.39	3.7	18.2
29	8.80±6.44	7.52±1.89	7.92±1.95	6.02±1.30	8.32±5.93	8.46	4.05	4.2	21.5
30	8.27±3.55	4.67±1.26	6.07±3.03	5.07±0.89	5.18±1.81	5.80	2.46	3.3	13.6
31	8.65±3.39	7.47±3.38	10.22±2.61	8.10±3.57	7.0±2.25	8.17	3.03	2.7	13.5
32	6.47±1.53	5.42±2.05	7.40±2.79	6.52±2.61	6.08±0.34	6.35	1.91	2.6	10.4
33	8.32±4.65	6.05±1.49	7.70±2.97	6.75±1.79	7.52±1.66	7.29	2.54	4.9	15.2
34	6.77±2.56	5.65±0.78	5.65±2.61	6.47±1.89	6.02±2.86	6.24	1.99	3.8	10.9

注："（ ）"为所测例数。

小川报告了日本人的不同年龄头部软组织厚度。共取测点 23 个（图 1—10—3）（表 1—10—3），其中正中线测点共 10 处。小川将颜面部分为上、中、下三个部位进行分析。上部即前额部、颞部、枕部，该部与性别、年龄及个人的胖瘦变化无关，厚约 3mm。中部包括眼和鼻部，约为 4—6mm 厚，也不受性别、年龄及胖瘦的影响。下部包括颊部、口部和颏部，其厚度变化很大，从 4mm 至 20mm，而且随年龄、性别也发生相应的变化，是

受个体胖瘦影响最大的地方，在进行面貌雕塑时也最困难。

Rhine 与 Campbell（1980）报告了美国黑人 21 个测点的面部软组织厚度；Rhine 与 Moore（1982）按胖瘦不同分三型报告了美国白人 21 个测点的颜面软组织厚度，其结果



tr：发缘点　　m：额缝点
g：眉间点　　n：鼻根点
rhi：鼻背点（鼻尖点）　　sn：鼻下点
ml（sm）：颏上点（颏唇沟点）　　pg：颏前点（颏隆凸点）
gn：颏下点　　op：头后点（颅后点）
ft：额颞点　　m^1：上颌第一磨牙
m_1：下颌第一磨牙　　sc：眉心点（眶上缘点）
ek：眶外缘点　　or：眶下点（眶下缘点）
nl：鼻根—鼻翼缘　　al：鼻翼点
ma：颧骨中点　　zy：颧点
te：颞点　　ms：下颌升支中点
go：下颌角点

图 1—10—3　小川头部软组织厚度测点

表 1—10—3　　　　**日本人头部软组织厚度**

部位	测点	20—29	30—39	40—49	50—59	60以上
		M±m	M±m	M±m	M±m	M±m
额部	tr	2.74±0.26	2.76±0.28	2.61±0.17	2.63±0.38	2.47±0.17
	m	3.26±0.27	2.60±0.55	3.31±0.24	3.07±0.30	2.39±0.35
	ft	3.59±0.47	3.36±0.41	4.58±0.30	3.36±0.20	2.89±0.22
	g	3.71±0.33	3.56±0.44	3.59±0.19	3.59±0.41	3.36±0.29
鼻部	n	3.59±0.78	4.34±0.35	3.92±0.22	3.61±0.43	3.41±0.28
	rhi	2.03±0.32	2.14±0.29	1.99±0.21	2.10±0.41	1.64±0.17
口部	sn	11.35±0.65	12.32±0.49	9.45±0.55	10.57±1.50	7.70±0.98
	ml	8.43±0.40	10.84±0.69	10.04±0.32	12.38±1.22	7.57±1.34
	m^1	17.76±1.18	19.46±2.06	17.06±0.99	17.64±2.01	19.17+1.85
	m_1	10.69±0.65	12.54±3.70	11.50±1.16	11.34±0.95	11.76±2.65
颏部	pg	10.06±0.63	10.90±1.88	10.60±0.57	10.59±0.62	10.20±0.86
	gn	4.03±0.49	4.20±0.49	4.76±0.43	4.51±0.47	4.00±0.27
眼部	sc	4.84±0.29	4.92±0.64	4.65±0.55	4.69±0.64	4.30±0.41
	or	4.86±0.35	6.84±1.10	5.49±0.62	6.93±0.75	5.93±1.00
	ek	3.31±0.16	2.94±0.40	3.16±0.33	3.94±0.69	2.70±0.46
眼下部	nl	6.58±0.85	6.08±1.74	6.88±0.61	8.50±0.84	7.10±0.70
	al	11.08±0.69	11.40±0.67	11.66±0.75	12.59±0.66	11.09±1.40
	ma	6.38±0.94	8.04±1.17	5.79±0.41	5.89±0.63	6.34±0.75
颧骨部	zy	4.60±0.55	6.62±1.41	4.79±0.71	5.77±1.19	3.76±0.74
颊部	go	8.32±0.75	10.98±3.82	8.24±0.67	8.2±0.85	8.19±1.67
	ms	14.94±1.31	19.46±2.30	16.51±2.44	14.9±0.93	14.30±1.50
颞部	te	9.45±1.20	5.86±1.74	8.22±0.96	6.43±1.30	5.39±1.10
枕部	op	4.14±0.52	5.50±0.46	4.26±0.34	3.94±0.43	4.57±0.39

（小川）

表 1—10—4　　　　**美国白人及黑人的颜面软组织厚度**

测点	黑人		白人（瘦）		白人（中等）		白人（胖）	
	男	女	男	女	男	女	男	女
正中线								
眉间上点	4.75	4.50	2.25	2.50	4.25	3.50	5.50	4.25
眉间点	6.25	6.25	2.50	4.00	5.25	4.75	7.50	7.50
鼻根点	6.00	5.75	4.25	5.25	6.50	5.50	7.50	7.00
鼻背点	3.75	3.75	2.50	2.25	3.00	2.75	3.50	4.25

续表

人中点	12.25	11.25	6.25	5.00	10.00	8.50	11.00	9.00
上唇点	14.00	13.00	9.75	6.25	9.75	9.00	11.00	11.00
下唇点	15.00	15.50	9.50	8.50	11.00	10.00	12.75	12.25
颏唇沟点	12.00	12.00	8.75	9.25	10.75	9.50	12.25	13.75
颏隆凸点	12.25	12.25	7.00	8.50	11.25	10.10	14.00	14.25
颏下点	8.00	7.75	4.50	3.75	7.25	5.75	10.75	9.00
侧面部								
额隆凸点	8.25	8.00	3.00	2.75	4.25	3.50	5.50	5.00
眶上缘点	4.75	4.50	6.25	5.25	8.25	7.00	10.25	10.00
眶下缘点	7.50	8.50	2.75	4.00	5.75	6.00	8.25	8.50
颧下缘点	16.25	17.25	8.50	7.00	13.25	12.75	15.25	14.00
眶侧点	13.00	14.25	5.00	6.00	10.00	10.75	13.75	14.75
颧弓点	8.75	9.25	3.00	3.50	7.25	7.50	11.75	13.00
下颌关节窝上缘	11.75	12.00	4.25	4.25	8.50	8.00	11.25	10.50
咬合线	19.50	18.25	4.50	5.00	11.50	12.00	17.50	17.50
下颌角点	14.25	14.25	12.00	12.00	19.50	19.25	25.50	23.75
下列第二前磨牙	15.75	16.75	12.00	11.00	18.25	17.00	23.50	20.25
上列第二前磨牙	22.25	20.75	10.00	9.50	16.00	15.50	19.75	18.75
例数	44	15	3	3	37	19	8	3

如表 1—10—4。

颜面软组织厚度数据是进行面貌雕塑工作的基础，但是仅仅依据软组织厚度是不够的。因为年龄和性别的不同，特别是年龄的不同，不仅会使面部软组织的厚度和形态有差异，而且还会使颅骨的形态和结构发生变化，而颅骨形态和结构的变化足以使其面容发生改变，其改变程度可以大大超过由于软组织厚度的变化所引起的面容改变。对此，纪元（1987）曾就面部各区进行了分析。

在额区和鼻区看不出年龄变化对软组织厚度的影响，但其形态却随年龄而有所改变，如额部及鼻部出现皱纹，鼻尖下垂等。同样，在上下颌区，由于老年人牙齿脱落，颌骨萎缩，口唇也随之向内翻卷，看上去似乎变薄；而当颌骨和牙齿都长得向外突时，软组织也会顺势外翻，口唇就显得很厚。由此可见，软组织厚度、颅骨的形态与结构三者间的关系是有机联系的，在面貌雕塑中应当予以充分的注意。

三、颅骨结构与五官

为了正确实施面貌雕塑法，在解决面部软组织厚度以后，必须了解颅骨结构与眼、鼻、口、耳五官之间的内在联系，做到这一点要比掌握软组织厚度困难得多。经过几十年的研究，在这方面已经取得了长足的进展。

（一）眼的复原

眼眉的位置，多位于眼窝上缘稍下方或与眼窝上缘一致的位置。小川（1960）根据眼窝上缘与眉中心线的位置关系将眼眉的位置分为4型：

1型：眉中心线在眼窝上缘的上方。其出现率，右侧为13.7±5.19%，左侧为11.4±4.79%。

2型：眉中心线与眼窝上缘一致。其出现率，右侧为34.0±7.5%，左侧为40.9±7.41%。

3型：眉中心线位于眼窝上缘的略下方。其出现率，右侧为36.4±7.26%，左侧为34.0±7.15%。

4型：眉中心线位于比3型更低的位置。其出现率，右侧为15.9±5.52%，左侧为13.7±5.19%。

眼裂的位置通常由眼内角点与眼外角点的位置来确定。小川认为眼内角点(en)是在眼窝高径的下十分之三的位置上，距眼窝内侧缘约3mm，取这一位置的频率约为70—80%。眼外角点(ex)是在眼窝高径的下三分之一位置上，距眼窝外侧缘约3mm以内，取这一位置的约占半数。小川还认为一般眼外角点比眼内角点的位置稍高者居多，特别是眼内角间宽(en—en)大于33mm(成人的均值)时，这种可能性更大。(图1—10—4)。

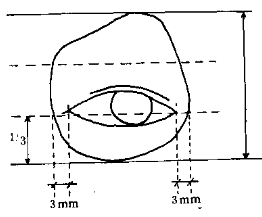


图1—10—4　眼内外角在眼窝中的位置

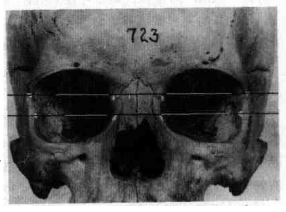


图1—10—5　眼内外角的骨性标志线
(stewart 1983)

早在 1912 年，Wilder 就指出构成眼裂的两眼角是可以从颅骨上确定的，眼内角的标志是泪囊窝，眼外角的标志是颧骨结节。颧骨结节位于眶外侧壁距眶外缘不远的内方，上距颧额裂与眶外缘的交点约 10.5mm，是提上睑肌及其腱膜的附丽处。对于眼内角的位置仅约略知道在睑内韧带与泪囊窝相交处，精确的位置是由 Stewart（1983）测得的，即该韧带的附丽处中点上距眶内缘点（d）约 10mm。眶内缘点在眶内侧壁，额骨、泪骨与上颌骨额突的交接处。睑内韧带的附丽处恰在上颌骨额突斜坡的上方。将左右颧额裂与眶外缘交点连成直线，恰过两侧眶内缘点；将左右颧骨结节连成直线，恰过两侧睑内韧带的附丽处。两条直线相距 10mm，互相平行。（图 1－10－5）下位线相当于两眼眼裂的连线，表明两侧眼内外角四个点是在一条直线上，瞳孔的下缘恰好切过这条连线。

关于角膜的位置，Krogman 认为角膜的顶点位于上述上位线与眶上下缘平分线的交点处；而角膜的外侧缘则恰好切过该处眶上下缘连线的中分。

Gerasimov 认为颅骨眶缘的特点与眼球突出度乃至睑型都有一定的关系，如眶缘较锐利，其眼球常较突出，眼睑也薄；而眶缘较钝者，其眼球突出度多较轻。

下述中国汉族测量数据（魏焕萍等 1989）可供眼复原时参考：眼裂内外径长 29.85±4.16mm；上下眼睑中部最大高 3.10±0.56mm；眼内角距眶内缘 6.42±1.35mm，距眶上缘 18.52±6.59mm，距眶下缘 10.81±2.91mm；眼外角距眶外缘 8.13±1.57mm，距眶上缘 15.62±1.96mm，距眶下缘 15.27±3.39mm。瞳孔的直径（均已散大）6.74±1.22mm。瞳孔中点距眼内角 12.55±5.65mm，距眼外角 14.36±1.59mm。眉毛在眶上缘上方眉弓的稍下方，眉毛向前、外方向。眼外角与眼内角基本平或外角稍高一点。

（二）鼻的复原

Gatliff（1984）指出鼻的重建只需两个基本测值：鼻的宽度与突出度，由此可以推知鼻长，而无须测量。鼻的宽度可在测出骨性鼻孔的最宽点后，对白人加 10mm，对黑人加 16mm。鼻的突出度（即由鼻下点（sn）至鼻尖点（prn）的距离）大约为鼻棘（nasal spine）长的 3 倍。由此得出的鼻尖与鼻根点（n）的距离即为鼻长。

在白人，骨性鼻孔（梨状孔）的宽度大约为全鼻宽（左右鼻翼点间距离）的五分之三。

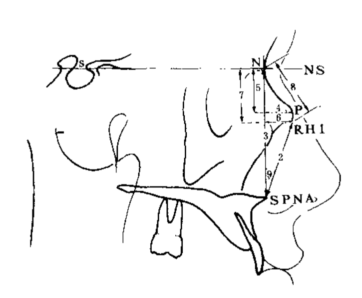
在黄种人，属于短面型者，可由梨状孔外侧缘外方约 5mm 处求出鼻翼点；属于长面型者则由 3.5mm 以外取鼻翼点为宜。鼻尖的位置大都位于上颌间缝与鼻前棘倾斜角的延长线上（小川，1975）。据小川（1960）由 X 线片上计测梨状孔外缘至鼻翼点的距离，右侧为 4.02±0.33mm，左侧为 3.66±0.30mm。石桥岩（1986）认为左右鼻翼最下缘位于梨状孔下缘的下方约 4—7mm。

小川（1983）将鼻尖部向下突出的状态，以鼻底线为基线分为 3 型：1 型为鼻尖端在鼻底线上，2 型为在鼻底线上方，3 型为在鼻底线下方。其出现率分别为 33%，36%，31%。

一般鼻尖部的形态有显著的变异。白人锐，黑人钝。侧面观鼻尖的突出状态，白人平均比黑人高出 8—10mm。(krogman 等，1986)。

Gerasimov 指出，骨性鼻决定鼻背的形态和向前突出的程度；鼻腔中梨骨的形状决定鼻软骨的基本方向，下鼻甲通常对应鼻孔上缘，鼻尖的位置可由鼻骨下三分之一的基本方向延长线与鼻前棘向上延长线的交点来确定。

Macho (1986) 就 353 名奥地利人头部侧面 X 光片，研究了外鼻的形态大小包括软组织厚度与各项颅骨测量值之间的关联。共测取 15 项测量值，如图 1—10—6：



图中：

2. 梨状孔高（鼻尖点 rhi—鼻前棘 spna）　3. 骨性鼻高（鼻根点 n—spna）

4. Pmaximum（鼻骨最突出点 p 至 n—spna 参比平面的距离）　5. Pmax. proj.（Pmax. 距 n 的高度）

6. rhi. promin.（rhi 至 n—spna 平面的距离）　7. 鼻尖点高　9. angle（n—spna 与 rhi—spna 所成的角）

未列入图中的 7 个测量：

1. 头长　　12. 鼻深

8. 鼻骨长　　13. 外鼻根点至内鼻根点厚度（Nas—nas）

10. 鼻高　　14. 鼻骨软组织最小厚度（Os、nas、min、th、）

11. 鼻长　　15. 鼻棘点—鼻下点厚度（Ns—sn）

图 1—10—6　Macho 鼻部计测示意图

所得结果经多元逐步回归分析发现，由颅骨测值最适于估计鼻高与鼻长，而鼻深与鼻部软组织厚度则显著受年龄的影响。在男性，鼻高与鼻长变异数的 50％以上来自骨性鼻高与鼻骨突出度 (rhi. promin.)，女性约为 40％。尽管鼻部软组织厚度受外界因素影响(如营养)，骨性鼻的大小也在一定程度上影响皮肤的厚度，鼻长而突出者软组织厚度比鼻短而不突者为薄。

今将 Macho 提出的估计鼻长、鼻高与鼻深的回归方程介绍如表 1—10—5。

表 1—10—5　回归方程

估计项目	性别	回归方程
鼻高	男	4.43+0.79 (n—spna.) +0.48 (rhi. promin.) +0.06 (年龄)
	女	11.09+0.68 (n—spna.) +0.46 (rhi. promin.) +0.03 (年龄)
鼻长	男	—2.99+0.74 (n—spna.) +0.79 (rhi. promin.) +0.08 (年龄)
	女	3.81+0.66 (n—spna.) +0.71 (rhi. promin.) +0.03 (年龄)
鼻深	男	9.69+0.30 (rhi—spna.) +0.04 (年龄)
	女	7.88+0.04 (年龄) +0.23 (n—spna.) +0.24 (P max.) —0.13 (P max. proj.)

下述中国汉族测量数据（魏焕萍等　1989）可供外鼻复原时参考：鼻根至鼻尖长 47.87±4.55mm，鼻底最大宽 40.85±3.23mm，鼻尖高 24.18±4.55mm。鼻翼厚 4.76±1.12mm，鼻中隔厚 4.87±0.48mm。鼻孔内外径 14.53±2.04mm，前后径 10.52±1.57mm。梨状孔最大宽 33.90±3.23mm。

（三）口的复原

一般认为口裂线（ch—sto—ch）位于上颌前牙的切缘上。口裂线的中点即口裂点（sto）位于上颌左右中切牙间距切缘上方约 1—2mm。据石桥（1986）研究，口裂线与上颌前牙切缘基本一致者约占 84%，位于切缘上下 3—6mm 左右者约占 16%。

口角点（ch）的位置，大都认为相当于尖牙与第一前磨牙之间。也有的认为相当于上颌尖牙下端、或上颌第一前磨牙甚至第二前磨牙中部。

口宽（ch—ch）或称口裂宽，即两侧口角点间的距离。一般认为相当于两瞳孔中点间的距离，或左右上眼睑中点之间的距离。小川（1981）认为口宽约为左右眼内角点间宽的 1.4 倍。

口唇的厚度与上颌中切牙牙釉质的高度相当。上唇点（ls）即上唇上缘中点大都位于上颌中切牙的上 1/4 处；下唇点（li）即下唇下缘中点位于下颌中切牙的 3/4 以下。

口唇的突出程度与上下颌的突出程度以及牙的咬合状况有密切关系。牙的咬合状况不同，必将影响口唇的形状。二者的关系可有 6 种类型（图 1—10—7）：（1）对齿，口唇闭合完全，下唇微突出；（2）普通型咬合，上唇略为突出；（3）上牙槽与上颌牙较突出，口唇微开，上唇前突；（4）上牙槽与上颌牙明显突出，口唇不能闭合；（5）上下口唇显著弯曲不能闭合；（6）下牙槽前突超过上牙槽，下唇显著突出，上唇缩短。

小川（1982）考虑到在连接头盖骨与下颌骨时，有时须在上、下颌牙之间留有“安静位空隙”。经侧位 X 线照相研究认为，上下颌中切牙之间，即使空隙大，两者的切缘也位于等高的位置；空隙小时，两切缘可有 1—2mm 的重叠。上下颌第一前磨牙、第一磨牙的空隙多为 2—4mm。因此，在连接头盖骨与下颌骨时，以在上下颌第一前磨牙、第一磨牙间留有 3mm 左右的空隙为宜。

下述中国汉族测量数据（魏焕萍等　1989）可供口复原时参考：口裂左右径长 50.63

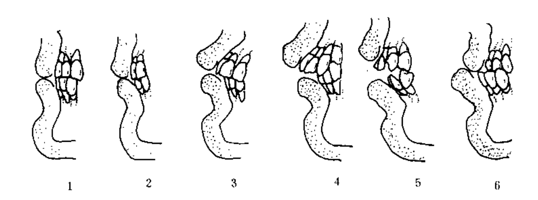


图1—10—7　牙咬合类型与口唇形状

±4.82mm，口中等张开上下唇缘高8.55±1.24mm。尖牙与第一前磨牙点的左右间距为46.27±6.29mm，尖牙一般位于口角内侧。上唇中点厚7.37±1.70mm，下唇中点厚6.0±1.30mm。鼻底距上唇缘高23.50±4.01mm，颏底距下唇缘高44.15±5.97mm。大部分上颌牙盖下颌牙，并与上唇盖下唇相一致，否则相反。口角点厚5.55±1.61mm。

（四）耳的复原

软骨耳孔（耳道）与骨性耳孔的水平一致，在骨性耳孔外方约长10mm。据Krogman等（1948）意见，软骨耳孔的最外侧部恰位于骨性耳孔最外侧部的上方5mm，后方2.6mm，外方9.6mm。

石桥（1986）研究了骨性耳孔与耳屏的位置关系，发现外耳孔恰位于耳屏的直后方者占91%，位于耳屏上后方或下后方者均在5%以下。

耳长的简单估计是耳长近似鼻长，相当于鼻根点至鼻棘点距离（n—ns）或眉间点至鼻棘点距离（g—ns）。通常可按耳长平均为50mm，外耳孔以上为30mm，以下为20mm。

耳宽即耳前点（pra）至耳后点（pa）的距离，相当于耳长的一半。

外耳的位置，大多数靠近头部，少数有如“扇风耳”。

Gerasimov指出，耳道与乳突的特点与外耳的形状有密切关系。在宽大而展开的钟形耳道，外耳较大；窄而深的耳道，外耳较小。乳突小而尖端向内者，外耳小且紧贴颅侧；相反，则外耳呈扇风耳状。乳突表面垂直光滑，外耳也基本垂直；乳突表面有凹陷，外耳的两端也向外弯。此外，外耳的长轴方向与下颌枝的走行方向基本上是一致的。（图1—10—8）。

下述中国汉族的测量数据（魏焕萍等　1989）可供外耳复原时参考：耳廓中部上下径高61.17±6.75mm，中部前后宽35.27±1.32mm。外耳道圆形，直径为9.46±2.80mm。耳廓的下端与鼻底，上缘与眉的中部基本相平。耳廓纵轴斜向前下的角度为5.17±0.74度。下颌骨斜向前下的角度为6.18±0.81度，两者的斜度呈正比。外耳道至

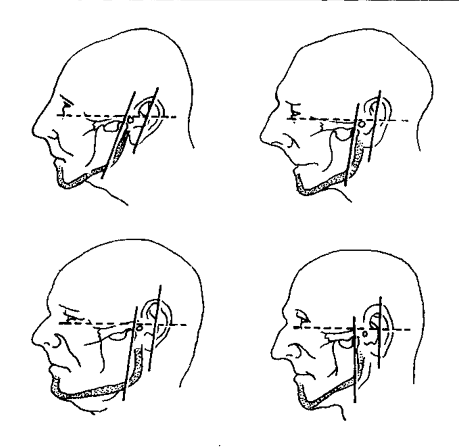


图 1－10－8　外耳长轴与下颌支长轴的关系

耳廓上端长 27.96±4.91mm，至耳廓下缘长 19.78±6.46mm。耳廓上端厚 3.93±0.97mm，下端无耳垂者厚约 3.2mm，有耳垂者厚约 5.6mm，均值为 4.62±0.82mm。

四、面貌雕塑法程序

面貌雕塑法的研究已有近百年的历史，但迄今所取得的成就也只能是比较接近于真实。近年，Gatliff (1984) 和 Krogman (1986) 相继提出了比较具体的面貌雕塑程序，前者的方法比较简单，后者的程序比较详尽，但都是结合白人及黑人的特点进行阐述的。下面将 Gatliff 的程序做一概要的介绍。

首先检测颅骨，确定其性别和所属种族。面部的软组织厚度在三个不同种族的不同性别人是不同的。弄清死亡时的年龄，解剖学特点，以及生前可能影响其面容的疾病与损伤。

选定面部软组织厚度的测量值，最好有相应种族、性别、不同胖瘦情况下的厚度测量值，便于应用。

用粘土与棉花代替软骨，将下颌支髁突坚实地粘着在下颌窝内。将颅骨固定在支架上使保持在法兰克福平面。

按照所选取的确切的组织厚度，切取相应长度的橡皮柱，注意该组织厚度包括肌肉、脂肪组织和皮肤在内。将橡皮标柱直接粘在颅骨的相应测点上（图1—10—9①）。然后将这些标柱用软塑泥或塑像用粘土（plasteline）连接起来，添充其间的空隙，使形成面形。（图1—10—9②）

所有的特征，包括口、眼、鼻及耳等都是以具体的被检颅骨为基础的。这些特征的定位、大小与形状对于面形具有个人特点是非常重要的，要仔细测量和定位。

（一）口

口的外形取决于前牙。口的屏蔽需要三维构形：

1. 口深　依人中的组织厚度取橡皮柱置上唇缘处。
2. 口唇的垂直厚度　依牙龈线与牙龈线间的牙齿距离面定。
3. 口宽　与两侧尖牙和第一前磨牙连接点间的距离相当，即口唇大体掩蔽前6颗牙齿。

口的屏蔽弯曲包绕牙齿，口裂线如同水平行的皱折向两侧止于口角点。将颊区、颏区与口的屏蔽相连结。将口唇展开，使之圆滑并赋与线纹，构形富于生气。（图1—10—9③）

（二）眼

眼睛是个居于骨性眼眶中心的球体，可取一粘土球刻上虹膜和瞳孔，或用塑料义眼代替使塑像更近真实。

角膜的顶点应大致与由眶上下缘引出的中位线相接触。眼睑弯曲包绕眼球，应使之富于固有的立体感。下眼睑向上止于虹膜的底部。瞳孔犹如悬挂在上睑的下缘。在眶形与眼睑之间似乎没有关联。重要的是要从解剖学上使眼的塑造正确，并有一种将要微笑的愉快感。在眼内角和鼻骨塑型用粘土宜薄。由眼上方至外侧应有脂肪垫的肥厚感，并使其光滑地进人眉部。

（三）鼻

按前述鼻的复原法，求出鼻宽、鼻的突出度和鼻长。注意鼻背以及鼻棘的形状可能与鼻尖的形状有一定相关。塑成鼻翼并雕出鼻孔。

（四）耳

耳的形状在颅骨上缺乏可以遵循的线索。常用的原则是耳长大致与鼻长相当。耳的塑造可分如下4步：

1. 取一块粘土塑成“C”形，成为耳壳，上端展开形成对耳轮。
2. 耳轮是个虫样细长条，卷起，末端变尖，由尖端起，曲线走行包绕耳壳，并与对耳轮相接。

3. 耳垂变扁，位于耳壳下方。

在这一阶段将耳塑着于侧头部要比已塑着耳屏后容易。耳的定位，外耳道应恰位于耳屏的顶部。耳应向后倾斜 15°。

4. 塑造耳屏，粘着在颅骨上，使与颊部光滑连接，完成耳的塑造。

至此，利用颅骨本身提供的信息进行面貌雕塑结束了（图 1－10－9④）。如在现场发

1. 将橡皮标注粘在颅骨（石膏模）的相应测点上　2. 将软组织厚度标柱用软塑泥条连接起来
3. 口腔屏蔽形成并显示口唇　4. 完成面部雕塑

图 1－10－9　面貌雕塑法基本程序

（引自 Gatliff）

现有假发可用其作为头发。最好同时塑造颈部和肩部，披上衣物，使富于人像的真实感。

面貌雕像拍照后，照片可在地方报纸及电视上发表，同时提示案情和所发现的物证。

发表后如无反响，可延长时间并向周边地区、附近省市乃至全国公布。

面貌雕塑法是在其他个人识别技术无效的情况下，最后采用的一项技术。其结果在每个例子都不是确定无疑的，但若在技术条件允许范围内做得准确，是很值得一试的。

第三节　面貌复原法（二）——颅骨侧面描记法

颅骨侧面描记法（lateral craniographic method）是 R、M、George（1987）发展的一项新技术，是依有明确软组织的头部侧面 X 线片测得正中线各测点的软组织厚度和颜面的各种角度，在未知颅骨的侧面 X 线片描图上，重建其近似的侧面像。本法有 4 个主要步骤：（1）首先进行头部测量值的分析以确定面部比例和颅骨的个人型；（2）然后在正中线各主要测点标记软组织的平均厚度和角度，以确立鼻、唇、颏部的平均大小；（3）将各点连接起来并按已知的人类学材料（性别、年龄、种族）使之协调一致；（4）最后勾画眼型、发型、颜面皱纹及其他颅骨所揭示的解剖学特点，赋与人的风貌。

本法和面貌雕塑法一样，是在其他个人识别方法无效的情况下可以试用的一种并非肯定的个人识别手段。它和面貌雕塑法一样成功率大约为 50%。二者各有优劣，如能并用，即以描记的侧面像作为雕塑法的蓝本，可望克服其固有的弱点。

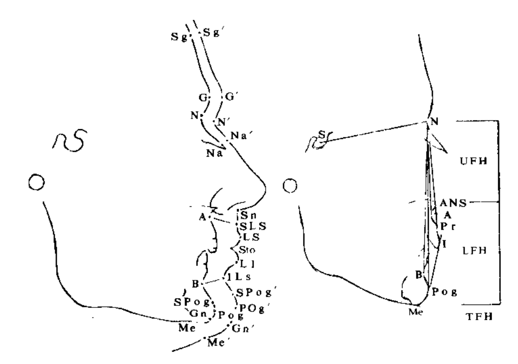
一、头部测量值的分析

单纯从颅骨侧面 X 线片难以确定或者不可能确定性别、年龄及种族等基本属性。在实施本法以前，应尽可能收集到足够的与被检颅骨有关的人类学资料。然后就颅骨测量值进行分析。本法所用正中线测点如图 1—10—10；颜面各种角度测量如图 1—10—11。

由软组织轮廓清晰的头部侧位 X 线片测得中线各点软组织厚度如表 1—10—6。

表 1—10—6　正中线测量的平均软组织厚度（放大 10%）　(mm)

序号	测　点	男性（17）	女性（37）
1	眉间上点	5	4.5
2	眉间点	7	6
3	鼻根点	8	7.5
4	鼻　点	3.5	3
5	A—SLS 厚度	17.5	14.5
6	上唇点	15	12.5
7	口裂点	7	5.5
8	下唇点（I）	17.5	14.5
	下唇点（I）	13	11
9	B—ILS 厚度	12.5	12
10	颏上点	13.5	12
11	颏前点	13	11.5
12	颏下点	10.5	8
13	颏点	10.5	8.5



Sg (Sg′)：眉间上点	G (G′)：眉间点	UFH：上面高	LFH：下面高
N (N′)：鼻根点	Na (Na′)：鼻点	TFH：全面高	S：蝶鞍
SPog (SPog′)：颏上点	Pog (Pog′)：颏前点	N：鼻根点	ANS：鼻前棘
Gn (Gn′)：颏下点	Me (Me′)：颏点	Pr：上齿槽前缘点	I：切牙点
A：A点　B：B点	Sn：鼻下点　SLS：上唇沟	Pog：颏前点	Me：颏后点
LS：上唇点　Sto：口裂点	LI：下唇点 ILS：下唇沟	A：A点	B：B点

图 1—10—10　面颅及面部中线测点　　　　图 1—10—11　面部测量的参比点

在X线观片箱上，用描图纸描下X光颅骨侧位像如图 1—10—11，并按下列标准进行颜面分部及角度测定。

1. 上面高（UFH）　自鼻根点至鼻前棘的距离（N—ANS），有时称此为中面高。如以此为中面高，则上面高与前头部相当。在发育均衡的面部，上面高约占全面高的 43%。

2. 下面高（LFH）　自鼻前棘至颏点的距离（ANS—Me）。在发育均衡的面部，下面高约占全面高的 57%。

3. 全面高（TFH）　自鼻根点至颏后点的距离（N—Me）。

4. SN—Pog　为蝶鞍—鼻根点—颏前点间所成的角，该角决定下颌骨的基本位置，在发育均衡的面部约为 80°。N—Pog 被看做是骨骼的面部平面（skeletal facial plane，SFP），常用为许多测量的基线。

5. ANB　是确定上下颌位置关系的角。如A点位于NB的前方，是正角；位于NB的

后方，是负角；若 NA 与 NB 重合，角度为 0。2°—5°为正常的Ⅰ类咬合；>5°为Ⅱ类错位咬合；<2°为Ⅲ类错位咬合。（表 1—10—7）。

6. SNA　是确定 A 点与颅底前部前后位置关系的角，可用以表示上颌的凸颌程度。其均值为 81°。

7. SNB　是确定 B 点与颅底前部前后位置关系的角，可用以表示下颌的凸颌程度。其均值为 79°。

8. AN—Pr　是确定上颌牙槽凸颌程度的角。

9. BN—Pog　是确定下颌颏凸颌程度的角。即 B 点虽在正常范围内，而颏可能外翻。

10. N—Pog—I　是确定上颌中切牙与骨骼面部平面关系的角。

表 1—10—7　颅骨测量值所表示的上下颌位置关系

角度测量	直颌	凸颌	后缩颌
ANB	2—5°	5°	2°
	（Ⅰ类）	（Ⅱ类）	（Ⅲ类）
SNA	78—84°	84°	78°
SNB	77°—82°	82°	77°
AN—Pr	0—2°	2°	…
BN—Pog	0—2°	2°	…

测定角度后，可用下述角度公式代替各项颅骨特征来表示颅型：

ANB—SNA/SNB（AN—Pr，BN—Pog）

如图 1—10—11 所示颅型的角度公式为：

Ⅰ—0/0（AP^-）

Ⅰ：Ⅰ类直颌咬合

0/：上颌直颌

/0：下颌直颌

（AP^-）：轻度上颌牙槽凸颌

若另一颅型的角度公式为：

Ⅱ—O/R（AP，MP^+）

Ⅱ：Ⅱ类凸颌咬合

0/：上颌直颌

/R：下颌后缩颌

（AP）：上颌牙槽凸颌

（MP^+）：显著的颏凸颌

若另一颅型的角度公式为：

Ⅲ—R/R（MP）

Ⅱ：Ⅱ类后缩颌咬合

R/：上颌后缩颌

/R：下颌后缩颌

（MP）　颏凸颌

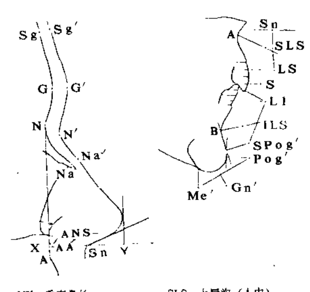
上述各种颅型编码不仅能提示软组织的侧面像，还能作为方便的案例研究编目系统。例如，遇有Ⅰ—P/R（AP）案例，则可由档案库中取出所有类似案例用做可能的模型。

二、鼻的复原

鼻是面部最富于鉴别特点的器官，但因其骨性结构较少，使这一特点受到很大限制。鼻的确定性特征基本上是由高度可变的软骨决定的，而软骨的形状又是难于准确预测的。鼻也存在种族的乃至性别的差异，并随年龄的增加而向下生长。

尽管存在上述种种困难，只要已知性别、年龄和种族，仍有可能依据骨性鼻的轮廓和鼻的平均状态进行重建。

图1—10—12（1）是依据白人青壮年资料进行鼻复原的。鼻背的复原：与其同类测点垂直标出Sg′、G′、N′及Na′点，其中N′点常低于N，NSN′角约为4°。



NX：垂直鼻长　　　SLS：上唇沟（人中）

XY：水平鼻长（鼻平面）　　S：口裂点

AA：鼻平面与颅骨交点（其余注释与图1—10—10,11相同）

图1—10—12　鼻的复原法

鼻平面是经过鼻下点（Sn）所画的水平线。这一平面是可变的，有时突出于鼻前棘尖端之上，有时低至A点水平；大多数处于二者之间即鼻前棘斜坡的中点，以此点为AA。

垂直鼻长：延长鼻平面，通过NA线至X点，取NX为垂直鼻长。

水平鼻长：在男性，水平鼻长（XY）约为垂直鼻长的60.5%（55—68%）；在女性，水平鼻长约为垂直鼻长的56%（46—64%）。如未知男性颅骨NX为62mm，则Y点可以标注在37.5mm处（62×0.605=37.5）

鼻下点：可以准确地标注在XY中点的鼻平面上。

鼻尖角：此角变动很大，并终生持续向下生长，女性常高于男性，并具备种族的诊断性指征。在青年人不同性别均约为22°。此角可在XY平面的S_n点用量角器测出。

鼻尖：由 Sg' 至 S_n 连结软组织各点勾划出鼻的侧面像。鼻尖也是有变异的，一般在垂线 Y 与鼻背斜线交点处。

鼻翼：如图 1—10—12（1）勾划出鼻翼沟，加上鼻孔线，即完成鼻的重建。

三、口唇及颏的复原

口唇的长度与厚度有很大的变异，要尽力重建与被检颅型相适应的最协调的口唇侧面像。颏的软组织也是高度变异的，突出达 17mm 左右者并非罕见。口唇及颏的复原可参考图 1—10—12（2）。

口裂点（S）：在正中线相当于口裂切过上颌中切牙下 1/3（女性）或 1/4（男性）的位置。其厚度受口唇接触压力的影响。

上唇点（LS）：是上唇红唇部分的最高点，不论性别，均可标记在上颌中切牙上 1/4 点的对侧。连结 S—LS，口唇线并不是完整的曲线，而是略为成角的。

上唇沟（SLS）：上唇曲线受口唇紧张度的影响很大，一般女性略大于男性。其最高点常低于颅骨的 A 点。为标记此点，可由 S_n 至 LS 画一线，再由 A 点向下画一斜线至 S_n—LS 的中点。将 SLS 的软组织厚度标记在斜线上。软组织厚者，其顶点可在此点以上，但最常见的是在此点以下，在转入 LS 点之前，口唇线在该处略为成角。（图 1—10—13A）

下唇点（LI）：这是最难确定的点。一般，下唇红唇缘相当于下颌中切牙下 3/4 标志点的对侧。它是个投影点，恰与由上颌中切牙所决定的投影点相接触，在过咬合的例子，由上颌切牙所做的测量是更为可靠的（图 1—10—12（2））。为了标出 LI 点：（1）可由下颌切牙的下 3/4 点引一水平线，其长度相当于表 1—10—6 中 Ī—LI 的厚度；（2）再由上颌切牙下缘（I̱）向下引一线，其长度相当于I̱—LI 的厚度，并使之与水平线相交。两个点都落在水平线上。

颏上点（SPog）：有许多人，尤其男性，颏部软组织最厚处恰在标准颏前点的上方。为标注 SPog 点，可由外翻的颏结节上斜坡引一线，再在此线上作一垂线，其长度相当于该处的软组织平均厚度即得。（图 1—10—12（2））

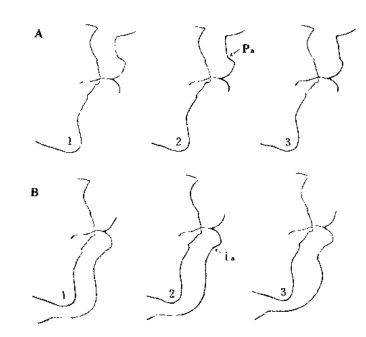
下唇点（ILS）：颏唇沟的顶点常高于相应的颅骨 B 点。为标出 ILS 点，可引一线由 LI 至 ILS，然后由 B 点引一线至 LI—SPog 线的中点，ILS 的软组织平均厚度可标注在 B 点线上。注意恰在 LI 下方的下唇线常略为成角（图 1—10—13B）。

面部颏前点（Pog'）：由骨骼面部平面（N—Pog）与颏前点（Pog）相切点引一垂线，即得软组织的 Pog 点（图 1—10—12（2））。

面部颏点（Me'）：由下颌骨下缘与颏联合后缘的连结点引一垂线即得软组织颏点。这是一个 X 线点，有别于下颌骨最低点的人类学点。

面部颏下点（Gn'）：此点变异较大。取 Me'—Pog' 连线的中点，由此点引一垂线至颏

外线，则 Gn' 即可标注在此垂线上。



A 图：1. 凹入型　2. 平均曲线型，Pa＝人中角　3. 直线型或凸起型

B 图：1. 开放型　2. 平均曲线型，ia＝唇下角　3. 深凹型

图 1—10—13　鼻唇部与下颌唇部轮廓线

图 1—10—13A　显示不同类型的鼻唇部轮廓线，在很瘦的人，上唇沟可达至最凹点；在妇女，则深度正常。不论男性或女性，在上唇缘的上方常见有人中角（philtral angle）。

图 1—10—13B　显示三种类型的颏唇部轮廓线，主要是由颏前点至颏上点的组织厚度所决定的。开放型常见于瘦人，深凹型一般为男性的特征。唇下角（infravermilion angle）远比人中角少见，一般多见于妇女。

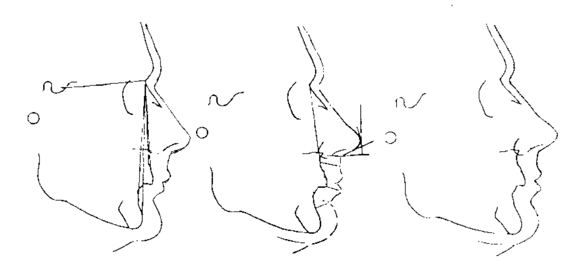
四、举例

美国白人男性，25 岁。头部测量分析（图左）为 I 类咬合（I^+，ANB＝5°），上颌凸颌（SNA＝87°），下颌直颌$^+$（SNB＝82°）及轻度颏凸颌（BN－Pog＝2.5°）。上面高比率高达 46.8%，提示鼻子较大。面部轮廓为真实的侧面像。

复原时（图 1－10－14 中），依平均组织厚度标注各点，鼻尖角定为 22°。鼻尖略呈角形、圆滑、画出鼻孔线。LI 的两个测量值中，因有显著的过咬合而选用$\underline{I}$＝13。

在另一描图纸上，使与真实的侧面像相重合，以对比误差的大小。由图 1－10－14（右）可见二者的重合良好。其主要偏离是鼻平面的水平突出于 ANS 以上，而不是在 A 点；实际的颏部软组织发育过厚（Pog'＝16.5mm，Gn'＝15.5mm）。

完成的侧面像如图 1—10—15，是用 ZH 及 HB 铅笔画在铅笔画纸上的。眼的复原可依面貌雕塑法确定其位置。



左图：颅型＝I⁺—P/O⁺（mp⁻）及实际的面部侧面像
中图：复原的面部轮廓线
右图：重合像．点线＝实际的 X 线片描图；实线＝复原的轮廓线
图 1—10—14　颅骨侧面描记法举例

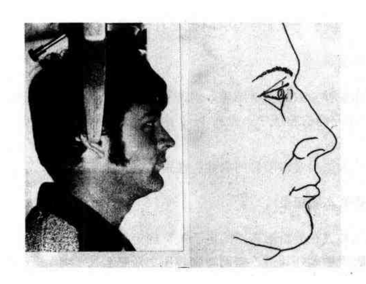


图 1—10—15　被检查侧面像与颅骨侧面描记法完成的侧面像

第四节　面貌复原法（三）——颜面影像复原形态图法

1988 年，Perper，Patterson 和 Backner 提出一种新的面貌复原法，称之为颜面影像复原形态图法（face imaging reconstructive morphography，FIRM）。Perper 等认为，现有的面貌复原法的根本缺陷是非常烦琐、费时且需要较高的艺术才能，其结果还缺乏足够的特异性和标准化。FIRM 法则是一种在精确的头部测量基础上，客观组合面貌特征的复原法，其人类学测量的数值来自分析形态图所拍的 X 线片。它是一种快速、客观而且重现性很好的方法。

一、实验仪器

分析形态图(analytic morphograph)是由 Kent 实验中心(KLS)装备的一种集成放射摄影与照相系统，是一种唯一的能使颅骨处于标准化的放射摄影位置并进行分析的系统。

鉴识用配件(Identi—kit，Smith—Wesson Ⅱ 型)，是一套可用于装配个人面部的各种面部成分（包括面部轮廓、眼、鼻、唇、颏等）的透明代替物。

直接影印复写装置（photostaic copying eguipment）。

二、方法

本法的要求是在整个复原过程中，不参考任何可疑人的照片，以排除主观因素的干扰。

（一）前处置

为使颅面部各种参数的测量准确，需彻底除去颅骨上所附着的软组织。可将颅骨完全浸人 2∶1 的水与漂白粉液中，煮沸 1—2 小时，或至软组织充分松动为止，将其彻底刮除，洗净。

用人类学的方法确定该颅骨的属性：性别、种族与年龄。

（二）分析形态图记录

将洁净的颅骨放在分析形态图的电子头部固定架（electronic cephalostat）上，将架上水平位的弯脚规插入外耳道，借助弯脚规压力矫正器使颅骨处于仪器 XY 与 YZ 平面的标准水平位。然后使颅骨垂直转动，直至其眶下水平线顶端与仪器的标准线处在一条线上，拍照颅骨的标准前后位 X 线片。再使颅骨向左侧旋转 90°，拍照其侧位 X 线片。

X 线摄影记录后，进行照相记录。使颅骨向侧方旋转 180°，面对照相机拍照正面像。再使颅骨旋转 90°，拍照左侧或右侧颅骨侧面像。使用偏光点白胶片进行二次曝光。第一次曝光是对向仪器所附的标准 XY 坐标图；第二次曝光点将颅骨像重合在坐标方格上（图

1—10—16）

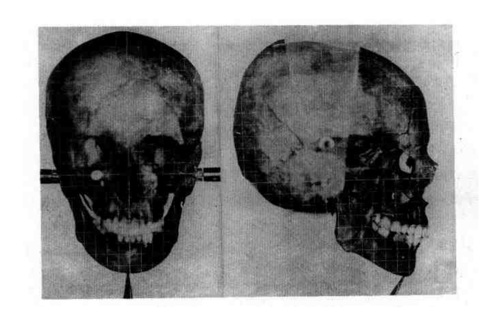
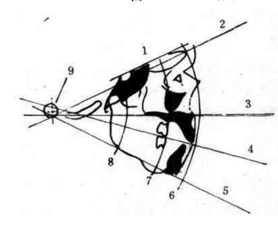


图1—10—16　标准正侧位颅骨XY坐标重合照片



1. 眶上平面　2. 平行平面　3. 腭平面
4. 咬合平面　5. 下颌平面　6. 前弧
7. 中面弧　8. 后弧　9. 汇集区

图1—10—17　面部的4个主要平面

（三）形态分析

形态分析（morphanalysis）是一种诊断性程序，利用上述的分析形态图记录鉴识颅骨的二维的、几何学的和比例的偏差。其基本方法是在正牙学（orthodontics）中常用的X线头部测量分析的标准诊断技术。用于面貌复原的形态分析重建技术利用4个面部平面做为固定的参考点：眶上平面、腭平面、咬合平面和下颌平面（图1—10—17）。

使用分析形态图可以将与上述各个平面有关的颅面标志点很精确地记录下来。颅面标志点的不正确记录必然导致面貌复面错误。

三、头部测量参数的确定

Sassouni（1971）曾依据面部4个平面的相互关系进行了面部基本特征的分类。在不同人的侧面X线片上，4个平面可能集中于一点，或互相偏离，或平行走行，使不同人之

间的面貌差异很大。在同一人，面貌规整者，这些平面恰在颅后聚集于一点，但面貌绝对规整者并不常见，甚至可以说是例外。

（一）使用侧面胶片所做的测定

1. 平面的测定

眶上平面：由眶顶最高点及蝶鞍前部引一切线，即为眶上平面。

平行平面：引一线与蝶鞍的最低点相切并与眶上平面平行。

咬合平面：切牙垂直过咬合的中点至磨牙咬合水平的连线所构成的平面。

腭平面：由鼻前棘与鼻后棘连线所构成的平面。

下颌平面：由颏点至下颌支最低点（恰在角前切迹的后方）引一线所构成的平面。

2. 中心 O 的定位

将上述 4 个平面向后延长，将汇集于一个同一的小区域，然后分离。汇集区的中心称为中心 O，在最短的最外层平面（即眶上平面）与下颌平面之间引一垂线，则中心 O 恰位于垂线的中点。

3. 相关弧的确定

前弧：用圆规以中心 O 为中点划一弧线切过鼻根点和所有平面。由鼻根点出发的弧线应能通过鼻前棘、上颌中切牙尖端和颏前点。如果鼻前棘和颏前点都位于弧线的前方或后方，则应以中心 O 至鼻前棘为半径划出另一弧线。

基础弧：以中心 O 至鼻前棘的距离为半径所划的弧线，最远达至颏前点，并在鼻前棘与上齿槽前缘点（pr）之间略微通过正中矢状平面的最深点。

中面弧：以中心 O 至颏点的距离为半径所划的弧线，最远点经咬合平面，并与上颌第一磨牙的正中轮廓线相切。

后弧：以中心 O 至蝶鞍轮廓线的最后点间距离为半径所划的弧线，应与所有的平面相交。由鞍背发起的弧线应通过下颌角点（go），以便对前、后位的下颌角点做出估价。

前垂直比例：用圆规测量由鼻前棘至眶上平面的距离，然后转动圆规至颏点（me）水平与前弧相交。则鼻前棘至眶上平面的距离应等于鼻前棘至颏点间的距离。

后垂直比例：用圆规测量由鼻后棘至后弧与腭平面交点间的距离，依此距离转动圆规，应能在下颌角点（go）水平与后弧相交。

（二）前后位的估价

在正常侧面像，鼻前棘、上中切牙与颏前点应位于由鼻根点出发的前弧上。前弧是估价这些面部标志点是否正常的参考线。

如果鼻前棘位于前弧上而颏前点不在前弧上，有二种可能性：（1）颏前点在弧的前方，表明颏或下颌前突；（2）颏前点在弧的后方，表明不存在颏或下颌后移。

如果颏前点位于前弧上而鼻前棘不在前弧上，有二种可能性：(1) 鼻前棘在弧的前方，表明上颌前突即凸形面容；(2) 鼻前棘在弧的后方，表明上颌后移，即凹形面容。

上颌前突和/或下颌后移的任何联合，均称之为骨骼Ⅱ类；上颌后移和/或下颌前突的任何联合，均称之为骨骼Ⅲ类。

（三）面型的分类

FIRM 复原法是以面型为基础的，确定面型所用的参数是由 Sassouni 提出的。

大多数人的面型在一定程度上是不合比例的。这种不均衡可能是尺寸上的或位置上的。尺寸上的不均衡，即其解剖结构（如上或下颌）可能大于或小于“正常”。位置上的不均衡，是解剖结构有方向性移位（向前、后、下、上或侧方）。“正常”或比例匀称的面型属于Ⅰ类。

由于骨骼的偏差有各种各样，另外还有 4 种基本面型：(1) 骨骼深咬合型；(2) 骨骼开式咬合型；(3) 骨骼Ⅱ类；(4) 骨骼Ⅲ类。使不同的人各有自己特点的面部构型不均，是上述各类别与不同咬合形式的各种可能组合的结果（如Ⅱ类-深咬合）。

1. 骨骼深咬合型　此型显示位置上与尺寸上的不合比例，对面容的影响很大。位置上的偏离表现为 4 个平面是水平的或近于平行，致使其汇集的中心离侧面像很远。(图 1－10－18①)

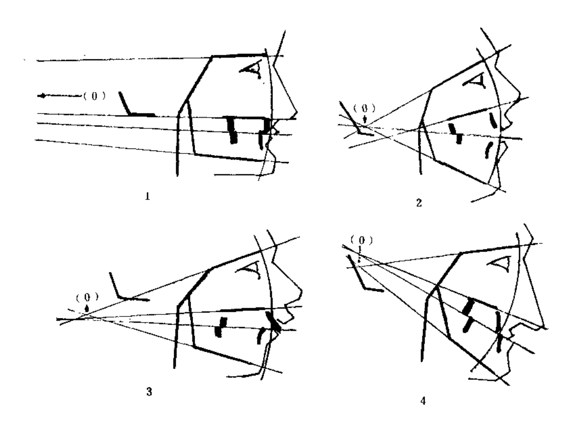
此型的前弧几乎是一条直线。中面或腭复合体常后移，致使形成伴有颏前突的凹面侧面像。骨骼深咬合型的尺寸变异影响面部上半与下半的相互大小关系以及在 4 个平面水平的面部宽度。上面高大于下面高，面宽趋向于与全面高相等。尺寸变异使面部由正面观类似方形。这一型人的颞肌常很发达。在软组织水平上，此型常是口唇薄，人中长，致口唇如同卷起；下唇沟深。

2. 骨骼开式咬合　其特征与骨骼深咬合型正好相反。其位置变异的特点是面部的 4 个骨性平面汇聚点靠近侧面像。前弧明显突出，并与面部侧面像共同形成同心圆形（图 1－10－18②）。下面高大于上面高，面的宽度较狭，使面部呈长卵圆形。颞肌常较弱。颏不前突，口宽，唇厚而宽；休息时两唇常处于分离位。强行闭合口唇时，颏肌上移，呈更为明显的“无颏”面形。

3. 骨骼Ⅱ类　特点是垂直变异伴有 4 个骨性平面汇集于低中心点。如前所述，此型还伴有开式咬合或深咬合的位置变异。(图 1－10－18③)

这一型所伴有的两个主要的尺寸比例不均，是上颌大而下颌小。在软组织水平上，这些比例不均使口唇分开，下唇常与上颌切牙相对或在其后方。

4. 骨骼Ⅲ类　显示垂直的位置比例不均，并与Ⅱ类相反，4 个骨性平面汇集于高中心点（图 1－10－18④）。这一型也可伴有开式咬合或深咬合。



1. 骨骼深咬合型，中心离侧面像很远　2. 骨骼开式咬合型（Ⅰ类开式咬合），中心接近侧面像

3. 骨骼Ⅱ类，中心低　4. 骨骼Ⅲ类，中心高

图 1—10—18　面型图解

与Ⅱ类相反，此型所伴有的两个主要的尺寸比例不均是上颌小而下颌大。最终的面貌特征在很大程度上取决于这两个因素哪个占优势。Ⅲ类伴以小上颌为主，则鼻孔狭小，鼻细长。如以大下颌为主，则下唇伸展并紧与切牙相对，下颌变尖如同深咬合。这一型可能有的面部构型变异明显地取决于同时存在的位置比例不均的情况。

四、鉴识用配件及形态分析诊断的应用

鉴识用配件即面貌特征代替物是与预经形态分析所确定的面型连合使用的。按照下述的程序，可以对一个特定的颅骨形成几个面部组合照片。

组合重建的第一步是由鉴识用配件中选出用于面貌复原的所有面部特征代替物。一般要选出以下各种面部成分：颏、口、鼻、眼及头发。上述各种成分的代替物是依预先确定的面型挑选的，并应与颅骨的年龄、种族和性别相符。而颊的成分是与颏代替物并存的。在选择颏代替物时应以颧骨和下颌骨的轮廓作为额外的对照。应当注意，鼻的一般形态（斜度、长度、宽度等）应与被检颅骨的鼻结构相符，也应与所选的口唇相符。眼

的代替物应与眼眶的结构相符；瞳孔间距应与已选出的口唇长度相等。任何头发代替物都是可用的，但应使用几种不同的发型。

第二步是确定所选每类代替物的总数，即鼻、唇、眼等的数目。如果某类只有一个代替物，则是一个标准的代替物。如果一类有一个以上的代替物，则是可变的代替物。应当记住，在一个单纯的面貌复原中，可能涉及到几种标准。表1－10－8列出了不同面型可供选用的各种口唇及鼻的代替物。

表1－10－8 鉴识用配件（口、唇、鼻）

面 型	口唇代替物编号	鼻代替物编号
Ⅰ类深咬合	L1 L5 L7 L15 L25 L27 L35	N6 N11 N25 N26 N27 N34
Ⅰ类开式咬合	L15 L27 L35	N6 N11 N12 N25 N26 N27
Ⅱ类	L4 L18 L21 L22 L24 L32	N1 N3 N6 N7 N11 N13 N13 N16 N17 N18 N19 N22 N23 N28
Ⅱ类深咬合	L4 L21 L22 L24 L32	N1 N6 N11 N13 N16 N17 N18 N19 N22 N23 N28
Ⅱ类开式咬合	L4 L21 L22 L24 L32	N2 N6 N11 N13 N16 N17 N18 N19 N22 N23 N28
Ⅲ类	L2 L8 L10 L19 L31 L33 L36	N2 N5 N7 N9 N15 N29 N32 N33
Ⅲ类深咬合	L2 L8 L10 L19 L31 L33 L36	N2 N5 N7 N9 N15 N32 N33
Ⅲ类开式咬合	L2 L8 L10 L18 L19 L31 L33 L36	N2 N5 N7 N9 N15 N32 N33
平均	L1 L6 L9 L11 L12 L13 L14 L16 L17 L20 L23 L26 L28 L29 L30 L34 L37	N4 N8 N10 N14 (N) N20 N21 N24 N25 N27 N30 N31

最后，将所有的标准代替物和可变代替物按阶乘法组合起来，建立起各种可能的组合，并用影印机记录下来。

五、应用举例

在林区发现一白骨化残骸，人类学检查证明为白人男性，约20岁。

形态分析诊断：骨骼Ⅱ类面型，上颌因发育不全而后移。垂直而高在这一型的正常范围内。

复原总结：鉴识用配件用于组合正而复原像共有10件可变的代替物，包括两眼、两鼻、两唇和4件头发代替物。一个颏作为复原中的标准代替物。

鉴定：组合结果提出4个FIRM图像（图1－10－19）。调查发现3周前失踪的一男子，其照片与图像相似。失踪人的双亲证实组合像与其子很像。进一步检查失踪人的牙齿记录，认定了同一。

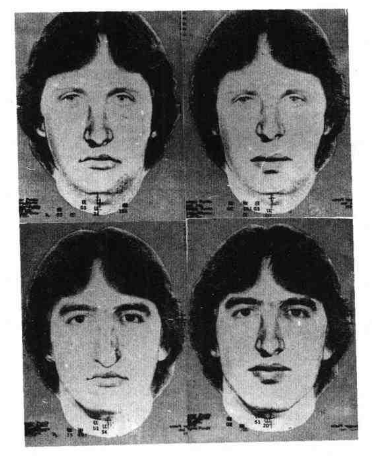


图 1—10—19　一案例经 FIRM 法组合成的 4 种图像

六、对 FIRM 法的估价

图 1—10—20　调查发现的失踪人照片

Perper 等认为 FIRM 法是颅骨身源鉴定的各种方法中最为可靠，重现性最好的，其理由是：(1) 该法依据的是标准的统一的测量和客观的复原程序；(2) 对一个基本的面部结构该法可提供 20 种以上的面部组合像；(3) 不需要艺术家的协助；(4) 比较快速，4—6 小时内即可完成。

本法的缺陷在于对 X 光机、形态图仪及鉴识用透明配件消耗太大，且需发展一些其他配合参数以适应面容完整及年龄变化的需要。

第五节　颅相重合技术

一、颅相重合法概述

颅相重合技术（superimposing，superposition，superprojection technique）是将失踪人的生前照片负片与未知身源的颅骨照片负片进行重叠印像，所得的重叠相片依其能否达到解剖学关系的一致，确定是否认定同一。

早期的颅相重合是颅骨与肖像的重合，是为了确认历史的真实性而发展起来的。当时的解剖学和体质人类学者受理名人的颅骨，解决名人的肖像是否真实，画家是否为了谄媚名人而有欺骗公众之处。为此需要去认真研究历史，进行准确的颅骨测量，提出可以接受的科学的推断。许多历史上的著名人物又被重新带到现实生活中来，如席勒与康德（Welcker，1883），拉斐尔（Welcker，1884）与巴赫（His，1895）等。

早期的颅相重合，第一步是就该颅骨与历史上其他名人的颅骨测量值以及同一世纪的其他人群颅骨测量值相比较，确认其相对大小及特殊性。第二步是以测量值为基础划出颅骨的轮廓，包括横位、矢状位和水平位，对各方位的颅骨外形得到一个总的印象。最后看颅骨的轮廓像是否与已知的肖像重合一致。由于颅骨轮廓像与肖像绘制的方位不同，这种早期的重合方法常以失败而告终。

图 1—10—21　第一例成功的颅相重合

1935 年，Glaister 与 Brash 发展了颅相重合技术，在著名的 Ruxton 案件中，首次采用重叠照相法进行颅骨的身源鉴定成功。他们将得到的两个未知颅骨与失踪的 Ruxton 夫人及其使女 Rogerson 的生前照片相重合，确认第 2 号颅骨属于 Ruxton 夫人（图 1—10—21），第 1 号颅骨属于 Rogerson。

其后重叠照相法在各国学者中进行了不同程度的应用和研究。Буров（1957）提出了标志点鉴定法对重叠照相法加以改进。Grüner（1959）认为颅骨像摄影距离和拍摄角度对正确重合影响很大，他在点位深度差假定值的基础上推导出颅骨最适摄影物距为 1.75m 以远，并依此专门设计了光具座（optical bench）用于颅相重合。石桥宏（1964）又把 3m 长的光具座改为可折叠成 1.5m，并加上了连续拍照颅骨的装置。Филипчук（1977）设计了一种二重投影的光学装置，可将被检的颅骨和失踪人照片同时汇聚到成像屏上进行重合比较，并可一次拍下颅相重合

照片，使操作简化并提高了重合的质量。

1981 年，才东升、兰玉文、贾静涛在颅相重合法对颅骨身源的鉴定研究中，首次提出了一整套应用颜面解剖投影的平面数据指标对重合相片进行比较测量，依据数据而不是只以对外缘轮廓的观察来评价重合鉴定的结果，使鉴定结论立于科学可靠的基础上。

由于现代电视技术的飞速发展，摄取和再现图像的质量不断提高，Helmer 与 Grüner (1977) 首先进行了视频图像重合技术的尝试，采用两台电视摄影机分别摄取失踪人照片和颅骨的图像信号，通过视频信号混合器将同步信号传送到监视器上，显示出颅相重合像，通过对外缘轮廓、软组织厚度等的观察，判定照片与颅骨是否为同一人。

1985 年，兰玉文、才东升、陶成根据二重投影的原理，在定向反射颅相重合摄影装置的基础上，研制出了“TLGA—Ⅰ颅骨身源鉴定仪”，是由两组可在同一平面上结成重合影象的摄影物镜构成的，具有规定物距和最佳物象比的颅相重合检验系统。

1987 年，兰玉文等为进一步提高颅骨身源鉴定仪的适用性，又研制出“TLGA—Ⅱ颅骨身源鉴定仪”。

兰玉文等在“TLGA—Ⅰ颅骨身源鉴定仪”上首次应用微机处理鉴定数据获得成功的基础上，进一步进行了电子计算机在颅相重合中的开发与应用研究，并于 1989 年研制成功“TLGA—213 图象重合鉴定处理系统”，该系统不仅能就身源不清的颅骨与失踪人照片进行同一认定，而且能对证件上的照片与持有者的颜面进行同一认定；对两种不同时间、不同场合拍摄的照片进行重合检验。

下面仅就颅相重合的基本知识作一介绍。

二、拍摄角度

应用颅相重合法鉴定颅骨身源，要求颅骨像与失踪者的照片方位、角度一致，否者难以进行同一认定。但是由于缺乏从照片上认定拍摄角度的方法，显著增加了应用颅相重合技术的难度。石桥宏 (1964) 提出人像与颅骨的拍摄角度差限在 10°以内，超过这一限度，重合的一致性即显著下降。为使角度一致，锡谷徹提出，手持照相机对颅骨变换各种角度进行拍摄，其角度尽可能和生前照片一致，须拍摄 10 张左右颅骨片，用以印制重合照片。酒井贤一郎则提出一种从各种角度拍照颅骨的装置，将颅骨上、下、左、右每隔 5°拍照一张颅骨像，取其与人像角度一致者相重合。石桥宏 (1979) 提出一种电动移动颅骨的装置，可以使颅像容易与人像角度一致。所有这些方法都缺乏科学的客观的审定标准。

为了解决这个问题，我们提出了审定人像与颅骨像偏转角度的客观标准：水平偏转指数与仰俯指数。

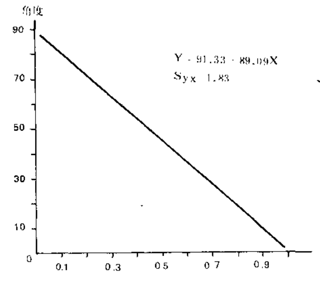


图 1—10—22　HDI 与偏转角度的关系

（一）水平偏转指数

水平偏转指数（Horizontal deflection index，HDI）是取偏转侧眼外角点（ex）与中线（0）的距离和偏转对侧眼外角点（ex'）与中线距离之比：

HDI＝（ex－0）/（ex'－0）

测得人像与颅骨像水平偏转指数与偏转角度的关系如图 1—10—22 所示。人像与颅骨像的 HDI 值在各种偏转角度上都是一致的。HDI 值随偏转角度的增加而减少，二者呈反比的直线关系。在测得人像（颅骨像）HDI 后，可直接由标准曲线或回归方程式（图 1—10—22）查得人像（颅骨像）水平偏转的角度。

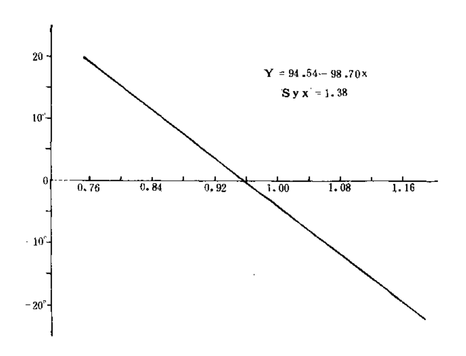


图 1—10—23　PI 与仰俯角度的关系

（二）仰俯指数

仰俯指数（pitch index，PI）是将颜面正中线由眉间点（g）至颏下点（gn），以鼻下点（sn）为界分为二部位，则眉间点至鼻下点的距离（g－sn）与鼻下点至颏下点的距离（sn—gn）的比值，称为颜面仰俯指数：

PI＝（g－sn）/（sn－gn）

测得人像、颅骨像仰俯指数与仰俯角度的关系如图 1—10—23 所示。人像与颅骨像的仰俯指数在相应方位的各种角度上也是一致的。在－20°—＋20°范围内，随着角度的增加，仰俯指数变小，呈一反比直线关系。在测得被检人像（颅骨像）仰俯指数后，可直接由标准曲线（图 1—10—23）或回归方程式查得人像（颅骨像）的仰俯角度。

（三）指数换算法的优点

1. 方法简便，仅仅测量 4 个数值，即可求得两个指数。
2. 换算得的角度，可以估计其变异程度，使结果立于客观的科学基础上。
3. 指数的计算基本上不受照片大小的限制。
4. 本法不仅可以解决人像的拍摄角度问题，而且可以在聚焦屏上直接测得颅骨像的角度，多数情况下可以使其与人像角度完全一致，最多不超过 3°，从而为在聚焦屏上筛选人像创造了重要的条件。对于排除的人像可以不拍重合照片，对于相似的人像，仅拍 1 张颅骨像负片，即可用于重合制片。

三、摄影距离

根据颅骨身源鉴定的要求，成功的颅相重合拍照，必须使颅骨像与被检人像的中心透视成像几何比例一致。为此，须了解人像的原始摄影距离，再将被检颅骨放在同一距离进行拍摄。然而，由于现代光学技术的高度发展，可以进行各种距离包括远距离拍照，单纯根据一张照片确定其摄影距离，几乎是不可能的。因此摆在鉴定人面前的任务只能是如何选择最佳的摄影距离。兰玉文对以下几方面问题的研究为这一问题的解决，打下了可靠的基础。

（一）相对平行区

如图 1—10—24 所示，在颅面部经一定标志点分别划出 5 条纬线和 5 条经线，务使各线在透视成象时为直线。然后在一眼窝中放上比例尺，分别在不同距离进行拍照。将摄得的底片按照比例尺放大为实物 1/2 大照片，就照片进行测量，结果发现颅宽、颅长、下颌角间宽等表示颅面长宽的主要指标随摄影距离的增加，其均值也有所增加，即颅面的长度与宽度增大。值得注意的是，构成颅宽一部分的发际线、眶外结节间距、口角点

间宽、下颌线等四项指标，却都不随摄影距离的增加而改变；构成颅长一部分的发际至颏下点指标也不变。

根据上述结果，可以推定在0.7—3.0米或更远的范围内摄影，头面部存在一个相对不变的区域，如图1—10—25所示的白色部分。这个部分是由发际点、眶外结节、口角点与颏下点连线构成的平面，它垂直于镜头的主轴。这个在一定范围内，不依摄影距离而变化的区域称为相对平行区（relative parallel area，RPA）。

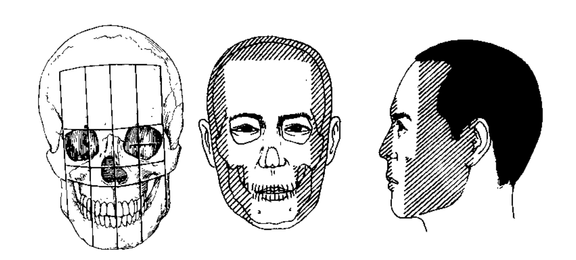


图1—10—24 在面颅部所划的经纬线

左：正面摄影 右：侧面摄影

图1—10—25 相对平行区与变异区

（二）变异区

图1—10—25所示的斜线部分是随摄影距离增加而使成像尺寸发生变化的部分，称之为变异区（variable area，VA），即头面长宽的变化与这些部位的变化有关。为了弄清变异区的实际范围，就男性头面部（100例）进行了实测，由测量结果（均值）可以算出各部位变异区的范围：

头顶部VA＝头长－容貌面高＝233.6－204.1＝29.5mm

头中部VA＝头宽－眼外角间宽＝151.3－97.1＝54.2

头下部VA＝下颌角间宽－口宽＝111.2－52.0＝59.2

（三）点位深度差

头面变异区的存在所以能产生成像尺寸的变化，是由点位深度差所决定的。点位深度差（depth deviation at a point，DDP）是发生变异部位的深度差值。由图1—10—25侧面像可见变异部位的深度相当于眼外角点至耳屏点间的距离，即80.0±5.2，这就是点位

深度差的正常值。

点位深度差与变异区及成像尺寸变化的关系可用下述计算来说明，设在相对平行区处有一物高为 60mm，在变异区 80mm 深处（DDP）也有一物高为 60mm（相当于最大变异范围）。当摄影物距为 1m 时，其成像比值是 1 000/（1 000+80）=0.93，实际成像尺寸为 0.93×60=55.8mm，即由于 DDP 的存在，比实际物高缩小了 4.2mm。按照同样方法计算可以导出，由于 DDP 的存在，物距越近，成像尺寸缩小的越多。以物距 1m 为标准，在拍照距离为 0.7—3.0m 范围内，其成像尺寸差在－2.4—2.4mm 之间；在 0.6—4.0m 范围内，其成像尺寸差均在 3mm 以内，属于判断变异区软组织厚度允许的误差范围。即使物距再增加，差值也变动不大，说明 1m 是在照片原始摄影距离不清的情况下（实际上，极有可能是在 0.6—4m 之间拍照的），应当首选的最佳距离。

（四）人像偏转时相对平行区的点位深度差

正面人像仅在变异区存在点位深度差。当人头偏转时，由于连接相对平行区的两个支点不能在同一平面上成像，便在两个支点间产生了 DDP。为了弄清 DDP 所发生的影响，给 54 名男性受试者带上角度标定仪和比例尺，分别拍出各种规定角度的头部照片（原大1/2），测量其两眼外角点线段长度，实测值按2倍计算，结果如图1—10—26

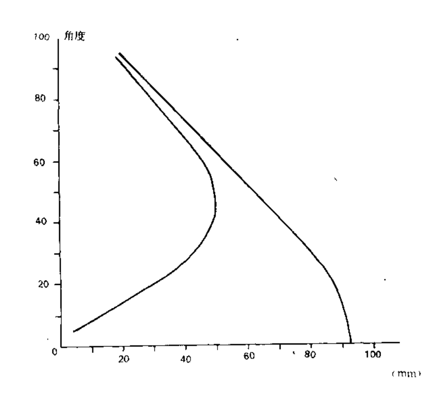


图 1—10—26　各种偏转角度下的双眼外角点间线段变化曲线（右）与点位深度差曲线（左）

（右）所示。表明偏转 30°以内，线段长度变化很小，呈曲线关系，40°以上至 90°，变化较大，呈直线关系，即随着偏转角度增大，线段不断缩小，至 90°时尚有 16.7mm（90°时的 DDP）值。在测得人像双眼外角点间线段长度后，可根据图 1—10—26 求得偏转的角度。

如以 ex 为双眼外角点间线段长度，以 α 为人像偏转角度，则

DDP＝ex · sinα

如偏转 10°时，DDP＝93.8×sin10°＝16.3

按上法计算可以推定出各种偏转角度时的 DDP 值。随着偏转角度增大，DDP 也逐渐增大，至 45°时达最大值。此后，由于双眼外角点间线段缩短的比例显著超过了角度增大值，因而 DDP 值反而逐渐缩小，呈明显的抛物线形变化。

为了求得 DDP 所引起的成像尺寸变化，以 DDP 最大值 49.5 为常数 K，用公式

L＝ex－h/（h＋k）×ex

可求出成像尺寸 L。其中 h＝物距。结果发现，以 1m 物距为准，与由 0.6－5.0m 拍照所引起的成像缩小尺寸差为－2—2.6mm。此值为双侧共计的差值，按一侧计算不超过各主要标志点的允许误差范围。

四、颅相重合用标志点与标志线

（一）标志点与标志线

颅相重合所用的标志点最基本的共有 34 个，其中位于正中线上的有 12 个，位于侧面的有 11 对，如表 1—10—9：

表 1—10—9 颅相重合用基本标志点

正中线（个）		侧 面（对）	
名 称	代号	名 称	代号
颅顶点 vertex	v	耳屏点 tragion	t
发缘点 trithion	tr	颅侧点 euryon	eu
眉间点 glabella	g	鼻翼点 alaris	al
颅后点 opisthocranion	op	口角点 chelion	ch
鼻根点 nasion	n	眼内角点 endocanthion	en
鼻下点 subnasale	sn	眼外角点 ectocanthion	ex
颏下点 gnathion	gn	眶外缘点 ektokonchion	ek
颏前点 pogonion	pg	颧 点 zygion	zy
鼻尖点 rhinion	rhi	下颌角点 gonion	go
鼻棘点 nasospinale	ns	尖牙点 caninion	ca
下牙槽点 infradentale	id	眉心点 supercillaris	sc
上牙槽前缘点 prosthion	pr		

颜面标志线共有八条（图 1—10—27），即：

正中线 central line（tr—gn）

眼外角点间线 interectocanthione line（ex—ex）

眉心点间线 intersuperciliary line（sc—sc）

鼻下点线 subnasale line（—sn—）

口角点间线 interchelion line（ch—ch）

眼内角点垂线 entocanthion vertical line（en—ch）

颏下点线 gnathion line（—gn—）

1. 正中线　此线通过 tr、g、sn、gn 等中线标志点。是测定仰俯角度的重要标志线。

2. 眼外角点间线　此线垂直于正中线，两线相交于 o 点。是测定水平偏转指数的重要标志线。

3. 眉心点间线　此线通过 sc、g、sc，与眼外角点间线平行，与正中线垂直。

4. 鼻下点线　此线通过鼻下点，与眼外角点间线平行，与正中线垂直。

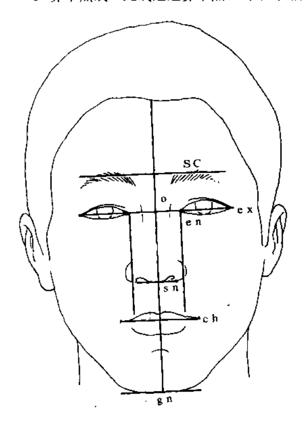


图 1—10—27　颜面标志线

5. 眼内角点垂线　分别起于左、右眼内角点，与正中线平行，与眼外角点间线垂直，达至口角点间线。

6. 口角点间线（口裂线）　此线连结两侧口角点，与中线垂直，与眼外角点间线平行。

7. 颏下点线　此线通过颏下点，与中线垂直，与口角点间线平行。

（二）颜面标志点与颅骨的相关

颅相重合的重要标准之一就是颜面与面颅标志点（线）的重合。通常用两种方法表示，一是测出颜面与面颅标志点（线）间的正常距离及其变动范围，一是得出其间的指数关系。二者都可以用作判断是否重合的依据。其主要指标如下：

1. 眉心点一眶上缘切线距离　眶上缘切线为双眶上缘弧状弯曲的顶点（不指眶上裂孔）的连线。眉心点与此线的距离（X±SD）为 0.69±1.74mm。这是正位像（o）的正常值，如人像有仰俯角度变化，这一距离也发生规律性变化。如以 X 为仰俯

角度，则可用下式求得不同角度时的Y值：

$Y=-0.98+0.298X$

Y得负值表示眉心点位于颅骨眶上缘切线的下方。

2. 眼外角点—眶外缘切线距离　眶外缘切线是通过眶外缘点（ek）所作的与中线平行的切线。在正位像（o），眼外角点距眶外缘切线距离为2.18±0.46mm。如人像有水平偏转，这一距离也发生规律性变化。

3. 鼻下点—梨状孔下缘切线距离　梨状孔下缘切线是在梨状孔下缘孤形弯曲的切点上作一条垂直于正中线的切线。在正位像（o）时，鼻下点距梨状孔下缘切线距离为－3.36±1.77mm。如人像有仰俯改变，这一距离也发生规律性变化。如以X为仰俯角度，则可用下式求得不同仰俯角度时的Y值：

$Y=-2.919+0.470X$

Y得负值表示鼻下点位于梨状孔下缘切线的下方。

4. 眼外角点指数　是眼外角点—眶上缘切线距离和眶高的比值，标志眼外角点在眶内垂直方向的位置。在正位像（o）时，眼外角点指数为0.61±0.05。如人像有仰俯改变，这一距离也发生规律性变化。

5. 眼内角点指数　是眼内角点—眶上缘切线距离和眶高的比值，标志眼内角点在眶内垂直方向的位置。在正位像（o）时，眼内角点指数为0.67±0.05。如人像有仰俯改变，这一距离也发生规律性变化。如以X为仰俯角度，则可用下式求得不同仰俯角度时的Y值：

$Y=0.6586-0.0057X$

6. 眼内角间宽指数　是左右眼内角点间距离（en—en）与左右眶外缘点间距离（ek—ek）的比值。标志眼内角点和眶在水平方向的谐调关系。在正位像（o）时，其指数为0.37±0.02。此指数很稳定，当人像向不同方位偏转时，变化很小，可以忽略不计。

7. 口裂线指数　或称口角点间线（ch—ch）指数。是上牙槽前缘点（pr）至ch—ch线的距离与下牙槽点（id）至ch—ch线距离的比值。标志着上下牙槽骨缘与口裂的关系。在正位像（o）时，其指数为1.103±0.236。当人像向不同方位偏转时，变化不大，可以忽略。

（三）轮廓曲线

轮廓曲线（contour curve）指人头像软组织轮廓与颅骨像的颅骨外形弯曲形态，在同一人的颅相重合照片上，两种曲线的形态应当一致。轮廓曲线有9种，每条曲线能否明确观察到，与头部的偏转角度有关。（表1—10—10）

表 1—10—10　　轮廓曲线的出现与偏转角度的关系

轮廓曲线	水平偏转角度					
	0	15	30	45	60	90
头穹窿	+	+	+	+	−	−
眉弓（左）	+	+	+	+	+	−
眉弓（右）	+	+	+	+	+	+
鼻	+	+	+	+	+	+
下颌角（左）	+	+	+	−	−	−
下颌角（右）	+	+	+	+	+	+
下颏	+	+	+	+	+	+
后头	−	−	−	−	−	+
额	−	−	−	−	−	+
额隆凸	−	−	−	−	−	+
颧（左）	+	+	+	−	−	−
（右）	+	−	−	−	−	−

注：+，能看到；−，看不到。

（四）头面软组织厚度

头面部一定测点的软组织厚度是鉴定颅相重合同一的又一重要指标。共取 13 个测点，其在不同偏转角度时的软组织厚度，如表 1—10—11 所示。

表 1—10—11　　不同偏转角度时的软组织厚度
（$\bar{X}$±S.D）　　（mm）

标志点	偏转角度					
	0	15	30	45	60	90
头顶（v）	6.08±0.84	6.12±0.82	6.12±0.96	6.04±.76	6.10±0.74	6.22±0.94
颏下（gn）	7.37±1.87	7.61±1.57	7.50±1.42	7.38±1.45	7.25±1.31	7.41±1.31
颅侧（eu）左	7.34±1.28	8.20±1.27				
右	7.27±1.23	7.30±1.14				
颧（zy）左	6.95±1.61	8.53±1.79	9.69±1.66			
右	6.95±1.61	5.96±1.54				
耳屏（t）左	8.34±1.79	8.90±1.79				
右	8.34±1.79	6.11±1.25				
下颌角（go）左	10.8±2.46	14.5±3.11	15.82±2.7	14.8±2.13		
右	10.8±2.46	10.1±2.55				
颧骨		9.22±1.57	10.3±1.58	10.9±1.57	11.3±1.56	

续表

标志点	偏转角度					
	0	15	30	45	60	90
头后（op）						6.95±1.38
发缘（tr）						5.03±1.64
眉间（g）						5.71±0.94
鼻背（rhi）						3.13±2.20
鼻下（sn）						10.6±2.57
颏前（pg）						11.3±2.48

由表可见，一些部位的软组织厚度因偏转角度不同而有所差异。有些仅在特定的角度下才能测出。头上部有些标志点在留有长发或戴有装饰物者可能测不出。

五、颅相重合方法与同一认定标准

（一）颅相重合的拍照方法（兰玉文，1981）

1. 照片质量的审定　送检的失踪人照片最小应在半寸以上，并是在失踪前 10 年以内拍摄的。要求影像实，轮廓完整，与背景的界线明显。五官各部的影纹层次应清晰可辨，以能确切看清标志点的作线位置为标准。照片应是正常造型下拍摄的正面或侧面半身人头像。

2. 复制翻拍　以幅面相当于人头原大或 1/2 为宜，不宜过小。然后按图 1—10—27 由指定的标志点用黑墨水划出 8 条标志线。

3. 确定人像的偏转角度和仰俯角度　用游标卡尺测出两侧眼外角点距中线的长度，眉间点至鼻下点及鼻下点至颏下点长度，算出偏转及仰俯指数，查标准曲线找出偏转角度、仰俯角度。

4. 按照成像比例摄制人像正片

（1）计算成像比例：本法选定颅骨像最佳摄影物距为 1m；以镜头 F＝240mm 相机在物距为 1m 处拍照，其成像比例为人头原大的 0.316 倍。设已知被检人像照片水平偏转 20°，按图 1—10—26，知偏转 20°时人头原大眼外角点间线段长度为 89.7mm，故翻拍人像负片所依据的眼外角点间线段长度应为 89.7×0.316＝28.3mm。

（2）翻拍人像负片：将照片放在翻拍架上，用游标卡尺定在 28.3mm 处，对准聚焦屏面上的眼外角点间线段的两端，前后调整物距，直到确认尺寸一致。

（3）制作人像正片：将所摄得的带有审定线的人像负片，通过接触印相的方法，复制到一张透明度较高的盲色片上，作为颅骨像拍照时的重合检验正片。

5. 颅骨的准备

(1) 颅骨整复：将颅骨加碱煮沸，洗净，使其光滑、整洁、解剖部位清楚。将缺失部位用可塑物添补。下颌骨固定，在闭口殆位时，可在下颌关节处加 2mm 软垫；有上下颌磨牙时，以在咬合位置固定为宜；无牙齿时（张口殆位），则利用仰俯指数确定下颌骨在颌面的位置。

(2) 用墨汁标记两侧眶外结节和尖牙窝，作为人像正片重合时的调节标志点。

(3) 把颅骨固定在托架上，照相机物距标尺定在 1m 处。用卡尺在聚焦屏上测定颅骨像的偏转和仰俯指数，使其同照片上审定的指数一致。把对焦点调整到两眶外结节的平面上。

6. 重合检验　在聚焦屏上重合检验，要严格按照人像正片审定的标准进行。将人像正片左右反转接触颅骨像，把正片上眼外角点间线两端对在颅骨像上的两侧眶外结节处的标记点上，再把眼内角点垂线对在尖牙窝处的标记点上，以此确定两像的成象比例，眼内、外角点指数及水平偏转与仰俯角度是否一致。上述三条基准线如已重合，再分别对其余各标志线进行微调检验与筛选，微调的幅度不可超过人像审定角度 3°。经调整后，正片的标志点和 8 条标志线同颅骨像全部重合一致，即可进行重合照片的制作。

7. 重合照片制作　从拍照好的人像和颅骨像的负片中各选出 1 张密度适宜的，按照鉴定位置在透光下重合，并用透明胶纸粘合在一起使之成为 1 张重合照片。颅像重合照片要放大与人头原大。放大时先从眼外角点间线段标准曲线查出原大的线段长度，并以此为标准放大制片。例如，放大为 0.316 倍的人像负片偏转 10°，可在曲线上查出实物大眼外角点间线段长度平均值为 93.8mm，可按此标准放大制片。

（二）同一认定标准

1. 前提条件　人像清晰，颅骨像与人像的偏转与仰俯角度应尽量一致，误差不超过 ±3°，否则结果不可靠。

2. 筛选标准　在聚焦屏上重合检验时，以 8 条标志线是否重合为筛选标准。在 3 条基准线重合的基础上，如有两条以上标志线不重合，即可否定同一；如有 1 条线不重合或全部重合，即定为疑似。在聚焦屏上筛选可以否定绝大部分非同一人照片，使疑似的被检者少到最小限度。

3. 认定标准　就疑似例拍照出人头原大重合照片，复查各标志点、标志线、软组织厚度及轮廓曲线等是否在正常范围内，如果全部一致即可认定同一，如有一项指标不符，应查出可能原因，进行复查检验。二项指标以上不符即予排除。

六、可信性检验

为了检验上述颅相重合技术的可信性，仅以 8 条标志线为指标，就 10 例女性颅骨和 1 000 张无关成年女性照片进行了 10 000 次重合；就 10 例男性颅骨和 700 张无关成年男

性照片进行了 7 000 次重合。以正中线和眼外角点间线为基准线，在此基础上另有第 3 线重合者占 100%；第 4 线重合者占 90.0%；第 5 线重合者 60.8%；第 6 线重合者 19.6%；第 7 线重合者 2.4%；第 8 线重合者 0%。

由此可以认为一个颅骨像只能与其本人的照片完全重合，不能与他人的照片重合。

自 1980 年以来，我国应用上述颅相重合技术进行了上百例（男女各半）的实际案例检验，尚未发生错判。下面介绍 2 个实际应用的案例。

例 1：1983 年 8 月 31 日，一男性权某失踪。5 天后，河水中发现一男性尸体，已高度腐败，难以辨认。取其颅骨及权某工作证照片，进行颅相重合检验（图 1—10—28 左），认定颅骨与照片属同一人的。

例 2：1985 年 9 月 26 日，某市一号桥下发现一塑料袋中装有女性人头。头部已尸蜡形成。调查得知一尚姓妇女于 1984 年 11 月 6 日失踪。取其照片及颅骨进行颅相重合检验，认定为同一人的（图 1—10—28 右）。

左：权某　　　右：尚某

图 1—10—28　颅相重合案例应用[7]

（贾静涛）

参 考 文 献

1. 张伟纳等。从颅骨形态推断面貌特征的研究。第一届全国法医学术讨论会论文选编。群众出版社。1983：256—262。
2. 丁涛。109 例男女性尸体面部软组织厚度的测量。Ibid. 1983：263—267。

3. 市川和义（潘文译）。面容复原法一颅骨和面容的关系。刑事技术。1981；2：54—57。
4. 纪元。颅骨的结构、形态特点在面貌复原中的意义。刑事技术。1987；1：14—16。
5. 闵建雄等。人类颅骨面貌复原研究现状。中国法医学杂志。1990；5（1）：45。
6. 魏焕萍等。头面部软组织厚度的观测报告。中国法医学杂志。1989；4（4）：216—21。9
7. Cai DS（才东升）。The new development in the research of skull image superimposing confirmation of the skull's body source。第一届国际法科学讨论会交流论文。北京。1988，9。
8. 格拉西莫夫（吴新智等译）。从头骨复原面貌的原理。北京：科学出版社。1958。
9. Stewart TD. The point of attachment of the palpebral ligaments：their use in facial reconstractions of the skull. J Forens Sci. 1983；28（4）：858—863.
10. Gatliff BP. Facial scalpture on the skull for identification. Am J Forens Med Pathol. 1984；5（4）：327—332.
11. Krogman WM, Iscan MY. The human skeleton in forensic medicine. 2nd ed. Springfield：Charles. 1986：413—455.
12 Macho GA. An appraisal of plastic reconstruction of the external nose. J Forens Sci 1986；31（4）：1391—1403.
13. George RM. The lateral craniographic method of facial reconstruction. J Forens Sci 1987；32（5）：1 305—1 330.
14. Perper JA, et al. Face imaging reconstructive morphography. Am J Forens Med Pathol 1988；9（2）：126—138.
15. Glaister J. Medical jurisprudence and toxicology. Edinburgh. 1953：90—101.
16. Helmer R, Grüner O. Improved skull identifieation using the superprojection technique with the help of a video-type system. Rechtsmedizin. 1977；80：183—187.
17. Helmer R, Grüner O. Skull identification by means of superprojection using the electronic photocomposition technigue, modified to the animated picture-difference procedure. Rechtsmedizin. 1977；80：189—190.
18. Koelmeyer TD. Videocamera superimposing and facial reconstruction as the aid to identification. Am J Forens Med Pathol 1982；3：45—48.
19. Кубичкий ЮМ. Советская криминалистика на службе следствия. Госюриздат. 1957：140—149.
20. Буров СА. Ibid. 1957：150—159.
21. финн ЭА. Ibid. 1957：133—139.

22. Гаспарян СА. Судебно-медицинская эксперт 1977; 20 (4) : 5—9.
23. Филипчук ОВ. Аппарат для фотосовмещения изображений черепа и лица. Судмедэкспер 1977; 17 (4) : 53—55.
24. 瀬田季茂，吉野峰生。白骨死体の鑑定。東京：令文社。1990：346—352。
25. 石橋宏。スーパーインポーズ法（第8報）。日法医誌。1975; 29 (3) : 257—258。
26. 石橋宏。スーパーインポーズ法たついて. 日法医誌。1964; 18 (3) : 191。
27. 錫谷徹。スーパーインポーベ法たよる頭骨個人識別の1例。日法医誌。1963; 17 (3) : 252。
28. 酒井賢一郎。スーパーインポーズ法たおけるカメラの改良試作。日法医誌。1977; 31 (1) : 30。
29. 石橋宏。スーパーインポーズ法（第11報）。日法医誌。1979; 32 (6) : 421。

第十一章　X 线摄影在法医人类学中的应用

第一节　概　述

X 线摄影（radiography）作为一项有价值的实用技术，已在法医病理学、临床法医学和法医人类学各个领域中得到日趋广泛的应用，并已形成一门新的学问——法医放射线学（Forensic radiology）。

X 线摄影法在法医人类学中的应用可以概括为以下三个方面：

1. 在没有既往的 X 线片可资利用时，可用 X 线摄影法鉴定被检对象（活体、尸体及其残块）的年龄、性别乃至身高。

2. 在有既往的 X 线片可资利用时，可就两套 X 线片进行比较。比较骨骼的形态所见，各个解剖学标志点的测量数据，确定两者是否同一。

3. X 线摄影法的另一重要应用是用以检出既往有何疾病，如骨骼畸形、先天缺陷；检出新近有何损伤，这些都将有助于对无名尸的鉴识。

就 X 线片上的骨骼影像进行测量，由于 X 线影像有一定程度的放大，其结果不如直接就骨骼测量更为准确。但在某些情况下，如与既往 X 线片比较进行个人识别，则是其它一些方法所不能替代的。由于 X 线摄影法对被检对象是一种非破坏性的检查方法，用于研究无名尸乃至尸块的年龄、损伤与疾病尤为必不可少的重要手段。

用于个人同一认定的 X 线摄影技术可分为两种方法：特征认定法与科学数据分析法。特征认定法是就被检尸体 X 线片所见的骨骼特定性状与失踪者的 X 线片相比较，借

以认定同一。这种方法包括全身骨骼的比较，但更常见的是个别骨骼的比较，如已有依踝关节、锁骨、肘关节、指骨、髋骨、骨盆等进行个人同一认定的报导。

科学数据分析法是依据测量数据对骨骼的外形进行分析，借以认定同一。这种方法主要用于对额窦、乳突以及蝶鞍等的观测。

X 线摄影法对于确定是否是含有骨骼的炭化尸块很有帮助，如有生前 X 线片可资利用，还可用于个人同一认定。

第二节 颅骨 X 线摄影的同一认定

一、用多元测量法进行同一认定

多元测量法 (multi-dimensional measurements) 是就颅骨 X 线片对一些头部测量指标进行测量，综合所得全部数据用于生前与死后两套颅骨 X 线片的比较分析，借以认定同一。

Sassouni (1957—59) 曾就 500 名 18—21 岁美国白人和黑人，以 Broadbent—Bolton X 线摄影用头部测量器 (Roentgenographic cephalometer)，以 1 个月为间隔，分别拍照两套头部 X 线片，前一套假定为生前片，后一套假定为死后片。每套都取左侧位和后前位分别拍照。

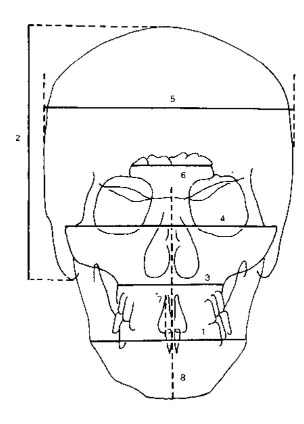
在 30 例后前位片，测得 24 项测值，计算得各项测值的变异范围和标准差。其余 X 线片由另两位研究者分别测量，然后估价每项测值的误差范围。以标准差与误差的比值 (S. D. /E) 大于 2 者为保留项目。结果在后前位片选定 8 个测量项目：下颌角间宽 (go—go)、乳突—颅顶高 (ms—v)、上颌宽 (mm—mm)、颧宽 (zy—zy)、颅宽 (eu—eu)、额窦宽、中切牙高和全面高 (n—gn)。

左侧位片也取得 24 项测值，同上法研究，选定 (S. D. /E) >2 者共 8 项，包括：鞍后 8cm 颅高、鞍后 4cm 颅高、鞍上颅高和鞍前 8cm 颅高；沿鼻根点—蝶鞍线 (n—s) 颅长、n—s 线上 4cm 颅长、n—s 线上 8cm 颅长和全面高 (n—gn)。

就上述 16 项测值进一步用 S. D. /E 法计算，仅得到 5 项有决定性意义的测值：n—s 线上 4cm 颅长、全面高、额窦宽、下颌角间宽和颧宽。其中第 1 项测值来自左侧位片，其余来自后前位片。为节省拍片，实际应用时可不拍侧位片，仅拍正位片，就所得的 8 个测值进行比较，即可进行同一认定。就 100 例核查的结果，97%认定正确，其余 3%经交叉核对也可以认定。即用正位片 8 个测值的方法 (图 1—11—1)，可以作到 100%的同一认定。Sassouni 进一步研究指出，如用 20 个测量指标，则可由 350 万人中就特定某人作出同一认定。

二、根据额窦构型进行同一认定

早在 1921 年，Schüller 就指出在颅骨 X 线片上观察的额窦可用于个人识别。1931 年，Poole 明确指出没有两个人的额窦是完全一样的。



1. go—go　2. ms—v　3. mm—mm　4. zy—zy　5. eu—eu　6. 额窦宽　7. 中切牙高　8. n—gn

图 1—11—1　颅骨正位 X 线片的 8 项测值

额窦是解剖学结构的一个单元。在生后第二年由鼻腔扩延而来，至青春期一直生长缓慢，其后迅速增长，至 20 岁其构型明确固定。除某些疾病（如额窦炎）、年老时因骨壁变薄而窦腔扩大外，可以认为其构型一旦固定即终生不变。说明额窦构型是正常成人的一项永久性个人特征。但应当知道，有 5%的成年人，在 X 线片上看不到额窦；有 1%的人只有单侧额窦。

Schüller（1943）推荐采用额鼻位进行拍照，使 X 光管的中心轴与眶上缘的方向一致。在对 X 线片进行比较时着重注意以下指征：窦上缘所显示的扇形弯曲、部分或完全的窦内分隔、额窦中隔线和眶上气室（supra-orbital air cells）。

窦内分隔常见于左额窦内侧弓形与两个外侧弓形弯曲之间。额窦中隔线常偏向右侧。眶上气室位于左额窦的下半，通常有 2 个（图 1—11—2）：一个（X）在外侧为眶上的扩展；一个（XX）在内侧为筛骨的额窦泡（bulla frontalis）。

为测量额窦的直径，沿额部正中矢状面引一垂线（MN），沿蝶鞭平面投影引一水平线（IS），连接上边和侧边，形成长方形 abdc（包括两侧额窦），正方形（L）框位的是较大的窦 ebdf。

由于额骨嵴的致密线在 X 线上易于看到，因此在大多数例 MN 线是能够确定的。此外，额骨缝、鸡冠缘、沿大脑镰的骨化阴影或松果体的钙化点等都有助于确定中线的位置。

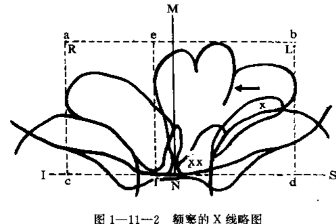


图 1—11—2　额窦的 X 线略图

（Schüller）

IS 线是垂直于正中线划出的，它代表蝶轭平面的水平。蝶轭平面构成蝶骨体的顶部，恰位于鸡冠后方的前颅凹底部。在大多数例子，蝶轭线代表额窦底部的水平面。在标准的额鼻位片，蝶轭的投影表现为直的或略弯曲的轮廓，恰与眶内缘或眶内壁相交叉。

ab 也是一条水平线，应通过左额窦的最高点。测得的 ab 线长度相当于额窦的宽度；eb 线相当于左额窦的宽度；ef 线为左额窦的高度。这 3 项测值与对额窦中隔、额窦上缘弓形和眶上气室等的描述相结合，可用于颅骨的身源鉴定。

1989 年，Yoshino 等就日本人（男 56，女 44）颅骨 X 线片进一步研究了额窦的构型与应用。拍照时注意使颅骨的法兰克福平面与胶片表面相垂直，胶片与 X 线管距离为 52cm。所得的颅骨前后位片，应使 X 线片的颧宽与颅骨的颧宽一致。观察指标有额窦的面积、形状和两侧对称性。左右额窦借中隔分开，分别用影像分析仪 MOP—VIDEOPLAN（KONTRON）测量，以二者之和作为额窦的面积。并以下述不对称指数（asymmetry index，AI）作为估计两侧面积大小不对称的标准：

$$AI = A_1/A_2 \times 100$$

式中 A_1 为较小额窦的面积，A_2 为较大额窦的面积。形状观察主要注意额窦上缘的轮廓、有无部分分隔和眶上气室。根据 Yoshino 等的观察，得到以下几项结果：

1. 额窦面积的性别差异　以往的观察认为男性额窦比女性为大。Yoshino 等所得结果是男性 0.5—25.9cm²（平均 10.32±5.60），女性 1.1—16.4cm²（平均 8.05±4.30），其性别差异比较显著（$P<0.05$）。但两者的变异系数都很高，表示额窦面积个人差异很大。两性的额窦面积测值都属于常态分布。

2. 额窦面积的分级　根据额窦面积的大小分为 4 级，分级的标准及频率分布如表 1—11—1。

表 1—11—1　　额窦面积大小的分级与频率分布

面积大小	范围（cm²）	相对频率（%）		分级
		男	女	
小	0—6	23.2	36.4	1
中	6—12	35.7	38.6	2
大	12—18	34.0	25.0	3
极大	>18	7.1	0.0	4

3. 额窦不对称性的分级 在全部样本观察到额窦是两侧不对称的。依不对称指数分为5级，其分级标准及频率分布如表1-11-2。

表1—11—2 额窦不对称性的分级与频率分布

程度	范围（AI）	相对频率（%）		分级
		男	女	
对称与几乎对称	100—80	26.8	25.0	1
轻度不对称	80—60	19.6	20.5	2
中度不对称	60—40	30.4	31.8	3
重度不对称	40—20	10.7	15.9	4
极不对称	<20	12.5	6.8	5

此外，面积大的侧别也用于分级，其分级标准为：左额窦大者为1，右额窦大者为2。

4. 额窦上缘形态分级 依额窦上缘的形态分为6级，其分级标准及频率分布如表1—11—3。

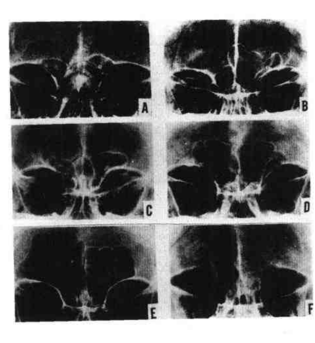
表1—11—3 额窦上缘形态分级与频率分布

上缘形态	男性（%）		女性（%）		分级
	左	右	左	右	
无上缘	1.8	5.4	0.0	2.3	0
平 滑	23.2	32.1	34.1	27.3	1
扇形中有2弓形	16.1	16.1	18.2	27.3	2
扇形中有3弓形	23.2	25.0	25.0	4.5	3
扇形中有4弓形	16.1	14.3	25.0	4.5	4
扇形中有5弓形以上	19.6	7.1	4.5	11.3	5

5. 额窦部分分隔与眶上气室的分级 其分级标准及频率分布如表1—11—4。

表1—11—4 额窦分隔与眶上气室的分级与频率分布

存在情况	部分分隔（%）		眶上气室（%）		分级
	男	女	男	女	
无	53.6	56.8	55.4	72.7	0
左侧存在	21.4	13.6	8.9	6.8	1
右侧存在	8.9	16.0	12.4	4.5	2
两侧存在	16.1	13.6	23.3	16.0	3



A：1111100　B：2413200　C：2312111
D：3123233　E：4115433　F：1520100
图 1—11—3　额窦（前后位片）的不同构型及其编码（Yoshino）

6. 额窦构型的编码　按上述分级，额窦构型可有 2 万种以上的组合。构型中各个指标的分级编码顺序如下：(1) 面积大小；(2) 两侧不对称性；(3) 面积大侧；(4) 上缘形态（左）；(5) 上缘形态（右）；(6) 部分分隔；(7) 眶上气室。

Yoshino 等就 6 例额窦前后位片所作的额窦构型编码如图 1—11—3 所示。

Yoshino 等报告一白骨化案例，可疑失踪人生前因交通事故曾有颅骨 X 线片，就被检颅骨取同一角度进行 X 线拍片，测得额窦构型编码均为"3415102"，而认定为同一人。

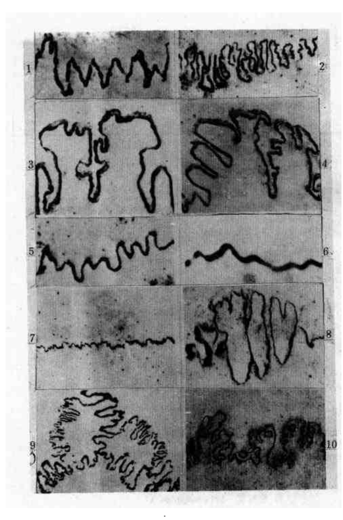
三、根据颅骨缝构型进行同一认定

Sekharan (1985，1986，1989) 根据 521 例成人颅骨和 8 000 份颅骨 X 线片的研究，认为颅骨缝的构型如同指纹，人各不同，如失踪者生前曾因某种原因而拍过颅骨 X 线片，则有作出个人同一认定的可能。

颅骨缝是在颅骨上骨块间结合的缝样线。骨缝之间为结缔组织带、缝间韧带或膜。在颅骨发育过程中，当构成颅盖各骨相遇时，各骨块边缘变得十分复杂而不规整，发出突起或凹口互相连锁在一起，构成不同的形态。通常可将颅骨缝的构型分为 10 种（图 1—11—4）。

在颅骨缝的构型中，以锯齿形、细齿形及波浪形为常见，约占半数以上；锯齿细齿形、细齿锯齿形及闭锁形等次之，其它均属少见。不同性别间的分布没有明显的差异。(表 1—11—5)

颅骨缝的构型不仅在同一人的不同颅骨缝有所不同，即在同一颅骨缝（如矢状缝）也可存在不同的构型，为了确定各种颅骨缝构型所存在的部位，可将冠状缝、矢状缝与人字缝一共划分为 18 个部位（图 1—11—5）。



1. 锯齿形　2. 细齿形　3. 细齿锯齿形　4. 锯齿细齿形　5. 波浪形　6. 钝齿形　7. 小齿形　8. 闭锁形　9. 花冠形　10. 复合形

图 1—11—4　颅骨缝构型的分型

颅骨缝的构型仅见于颅骨外板，且是两侧非对称的。一种构型出现在颅骨缝中，则在该骨缝的其它段中就不再重现。

就两个医院在 1 年间所拍 8 000张常规诊断用 X 线片进行观察，发现其中约 3/4 的 X 线片有偶然记录下来的颅骨缝影像。其余的 X 线片无颅骨缝影像可能是由于拍照颅骨位置不当，爆光不足或者在骨缝间缺乏 X 光可透过的韧带。大约 1%的例子由于坚硬的骨性结合而不能将颅骨缝的 X 光像记录下来。

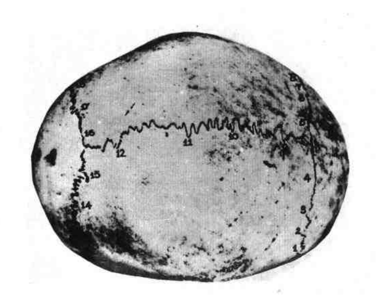
侧位片和斜位片也能将骨缝拍照下来，但作为个人识别的应用，前后位片是最适于对颅骨缝进行分型观察的。如前所述，3 条颅盖骨缝有 18 个部位，其中有 8 个部位包括人字缝 6 个，矢状缝 2 个（顶囟部、人字部），在前后位片是可以明确看到的。40 岁以后，随年龄的增加，能观察到的部位数可能有所减少。不同年龄组能观察到的部位数如表 1—11—6 所示。例外的是，有的 55 岁以后的人仍可看到全部 8 个部位的影像。除前述 8 个部位外，前后位片有时还能看到冠状缝。

表 1—11—5　不同性别颅骨缝构型的分布（n=20）

编号	分　型	频率（%）	
		男	女
1	锯齿形（serrate）	50	78
2	细齿形（denticulate）	70	56
3	细齿锯齿形（serrated dentate）	22	16
4	锯齿细齿形（dentated serrate）	34	26
5	波浪形（wavy）	46	46
6	钝齿形（crenate）	8	6
7	小齿形（undulate）	6	8

续表

编号	分　　型	频率（%）	
		男	女
8	闭锁形（closed）	18	16
9	花冠形（corolla）	12	8
10	复合形（complicated）	8	8



冠状缝

1. 右翼部　pars pterica right
2. 右冠状部　pars stephanica right
3. 右复合部　pars complicata right
4. 右前囟部　pars bregmatica right
5. 左前囟部　6. 左复合部　7. 左冠状部　8. 左翼部

矢状缝

9. 前囟部　pars bregmatica
10. 顶部　pars verticis
11. 顶囟部　pars obelica
12. 人字部　pars lambdica

人字缝

13. 右星部　pars asterica right　14. 右中间部　pars intermedia right
15. 右人字部　pars lambdica right　16. 左人字部　17. 左中间部　18. 左星部

图 1—11—5　颅盖骨缝的分部

经验证明，颅骨缝的构型细节是能够永久保存的。如有的 X 线片与 20 年前拍照的相比，其颅骨缝细节并无明显的变化。即使晚年骨缝已有明显闭合，也只是部分的，所余的骨缝构型仍足供个人识别之用。

表1—11—6　不同年龄组观察到的部位数%

年龄组	胶片数	观察到的部位数				
		8	6	4	2	0
0—10	37	100.0	—	—	—	—
11—20	82	91.6	7.2	1.2	—	—
21—30	215	87.0	7.2	4.0	1.8	—
31—40	137	73.9	13.8	8.0	4.3	—
41—50	96	60.0	16.0	11.7	9.6	3.2
51—60	43	37.2	11.6	9.3	13.9	28.0
61—70	23	20.0	15.0	—	15.0	50.0
70以上	12 642	16.0	14.0	—	14.0	56.0

四、根据蝶鞍进行个人同一认定

Voluter (1960) 在其所谓V试验 (V—tests) 中强调蝶骨及其一些成分的X线影像可用于个人同一认定。由于蝶鞍区所处的保护位置，即使是在腐败崩解或者火烧的情况下，也总是最后才受到破坏。V试验观察的主要是以下各项指标：蝶鞍的形状与容积，鞍背与前颅底平面所呈的角度（蝶鞍角），蝶窦的形状与大小，蝶鞍周边气室（小房）的骨质结构、范围与位置。所有上述各项因素都有不同程度的变异，Voluter认为如将各项变异因素联合起来观察，则可得到各种各样的结合。如能就生前与死后X线片进行比对，则如同指纹一样可用于个人识别。

第三节　其他骨骼X线摄影的同一认定

一、躯干骨的结构比较

当临床上偶然发生两张胸片来源不清时，常依第1肋肋软骨的骨化构型认定是否同一人的X线片 (King, 1939)。表明这一部位的骨化构型是专一的，但也推想两张X线片的拍片时间如果过长，可能由于年龄的增长发生骨化构型的改变。同时应注意两张拍片的解剖学位置应当相同。

锁骨是又一个具有放射线学专一性的骨骼。Sanders等 (1972) 曾报告一案例只遗留有左侧锁骨及部分其他骨碎片。取其锁骨拍片并与生前的胸片相比较，发现锁骨的内侧部分有一些细节可供个人识别，包括：总的轮廓、在各个特定区域的皮质厚度、内侧下面出现的皮质骨刺、特殊的骨小梁构型及其细节等。在锁骨要求拍照时与其生前照片的体位完全相同是困难的，有时几乎是不可能的。

其他可用于同一认定的骨骼包括颈椎、胸椎和骨盆。1949 年在多伦多发生的一起集体灾害中，有 24 名牺牲者做了生前与死后 X 线的比较分析。个人识别获得成功，依颅骨 4 例，颈椎 2 例，胸椎和胸部 13 例，腰椎和骨盆 9 例，足与踝 1 例。

二、四肢骨的结构比较

1960 年，Greulich 提出就手和腕部 X 线片比较，进行个人同一认定。认为桡骨下端、尺骨下端、腕骨、掌骨及指骨等在青春后期已建立起一定的结构特征，并且持续至 30—50 岁相对不变。通过这些骨特征的 X 线分析，不仅能识别个人，还能鉴别同卵双生儿。由许多的腕—手 X 线片中可以轻易地识别出同一人的左、右手。据说在美国白人、黑人以及美籍日人之间还有种族的差异。Greulich 提出的观察指标主要有：尺骨与桡骨茎突的形状与大小、皮质与髓腔的宽度、指骨的形状与比例以及骨干的小梁构型等。

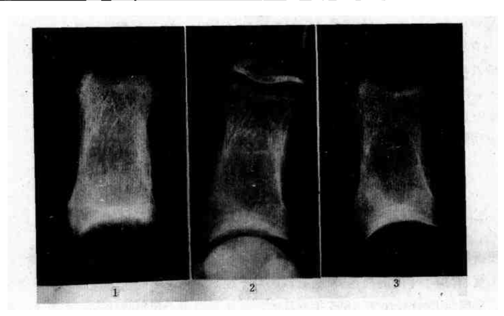
最近，Sauer 与 Brantley（1989）报告一案例，在一废井中发现一条小腿和脚，几块炭化的手和脊椎片段。大约一年前被人谋杀后放井中以汽油和木柴焚尸灭迹，由于左腿处在水平面以下而得以保留下来。可疑失踪人曾因左膝部软组织损伤拍过 X 线片，就尸块左膝部拍片进行比较，做出了同一认定。

Sauer 等认为上例两 X 线片的拍片时间仅约 1 年，骨质的年龄变化较小易于做出同一认定。骨骼是一种处于动态变化的组织，并且有许多因素可能改变其大体的和组织学的所见。骨中的矿物质经常处于代谢之中；骨受不同方向与大小的外力作用会发生相应的结构构型变化；随着年龄的增长，骨发生正常的退行性变化等。如果经过 10—20 年，所有上述各种因素作用的结果会使骨质发生什么样的改变，对同一认定将发生什么样的影响，很难预计。

为了研究年龄增长对个人识别的影响，Sauer 等就 5 个医院 10—23 年间的轴性骨骼 X 线片进行了比较分析，发现的年龄性变化有钙质排除过多和骨赘性骨唇象，另有一些外科手术的痕迹；而大多数用于比较的指标都是恒定的。从而认为就轴性骨骼进行 X 线的比较分析，虽是间隔 20 或 30 年也不影响鉴定。

此外，Sauer 等还就 2 例研究了年龄增长对四肢骨 X 线所见的影响。两例分别间隔 11 年和 10 年拍片，观察肩、髋、膝等关节骨的皮质形态和骨小梁构型，结果都比较恒定。

Brandt－Casadevall 等（1989）介绍一趾骨鉴定例支持上述论点。有人在阿尔卑斯山中发现一遗骨仅有少许皮肤、肌腱相连。颅骨上粘着几束褐发，无牙。左足着短袜，内有连接半个关节的足骨。估计身长 173—181cm。检查耻骨下角判定为男性。调查发现一可疑男人，数月前失踪。该人 45 岁，身长 180cm，褐发，无牙。有趣的是该人曾在 8 年前因左大蹈趾骨折入院，并拍有 X 线片。观察其 X 线片，见其近节趾骨显示特征性的结构。但与尸体蹈趾 X 线片比较仅略为相似。经过数次试验选适当的角度拍照，终于得到一个可以重合的影像（图 1—11—6）。认定遗骨与可疑人生前 X 线片都是来自同一人。



1. 尸体左踇趾近节趾骨 X 线片，略与（2）相似　2. 失踪人生前左踇趾近节趾骨 X 线片
3. 另选角度拍得的尸体左踇趾近节趾骨 X 线片，显示许多结构细节都与（2）相同

图 1—11—6　左足踇趾 X 线摄影

（Krompecher 等，1987）

三、骨骼结构异常的比较

放射摄影法除依据个人的解剖学变异进行同一认定外，还依据一些特定的结构异常进行比对。例如，伴有变形的陈旧骨折，骨痂形成，成角以及其他具有专一性的异常等都可以用作生前与死后 X 线片比对的依据。

Evan 与 Knight 曾在这方面介绍一些应用实例。如在 1977 年 1 月发现一具遗骨，由于有足够的软组织相连，推定死于前一年。根据一般的解剖学材料，警方提出的 4 个失踪人中有 3 个与其性别、年龄、身长及死亡时间等相符。检查遗骨发现右胸部有数条肋骨有骨痂形成。失踪人之一恰在 1976 年 7 月有胸部受伤史，经与其生前胸片比对，骨折与骨痂的位置相符。

另一例是在一海滩上发现一具高度腐败且不完整的尸体，裸露的颅骨显示特征性的肢端肥大症表现，在前额部还有小的穿通性缺损与额窦相通。骨缺损的边缘平滑提示为生前的损害。在其后 3 个月的调查中，发现一人在 7 年前因交通肇事受过头部损伤，得到的病历证明其额部曾有贯通伤，颅骨 X 线片不仅证明其缺损的位置相符，并有轻度的肢端肥大症表现，额窦的轮廓也完全相符。

又在一条河中发现一在 6 周前用重物沉入水中的女尸，死因为勒死。由于高度腐败，亲属都不敢相认。可疑的失踪者曾做过胆囊切除术，尸体无胆囊，上腹部有手术疤痕。该

人一年前曾遇交通肇事，尸体膝部存在的疤痕也与病历相符。X光片上的重大发现是在左侧跟腱中有籽骨，并在解剖时拍照的X线片上得到证实。跟腱中有籽骨非常少见，结合上述其他发现，做出了同一认定。

此外，X线片上如发现有异物存在，也可与其生前的X线片相比对。在这方面已有不少实例报道，例如关节弥补物、骨钉、骨板、金属缝线与外科夹子等。其他异物也可在造成损伤同时进人体内，如弹片等。

第四节 骨骼X线摄影对年龄的推定

一、概述

X线摄影法对推定种族与性别意义不大，但对于推定年龄则起十分重要的作用。特别是对于儿童、青少年年龄的推定，X线摄影法用于观察骨化中心的发生发展与愈合情况极为方便。X线是Roentgen在1895年发现的，翌年就被用于观察骨化中心及骨化过程的研究（Ranke）。在二十世纪伊始的三十年内，以手及手关节为主广泛而深人地研究了骨化中心的发展与骨化过程并被用于年龄与成熟程度的推定。

为了便于观察骨骺骨化中心的发生发展情况，Todd（1930）将其分为9个X线学的发展阶段：

1. 骨骺与骨干分别单独存在，彼此无密切关系，其结合面界限不清，由骨松质构成。
2. 结合面形成厚而模糊的带。
3. 模糊的带变清楚，出现由致密组织构成的清楚的界限面，表现为清楚的白线。
4. 结合而呈波浪状。
5. 结合面出现对等线，彼此平行。
6. 结合面间的间隔变窄。
7. 白色的细波浪状线崩解，愈合开始。
8. 愈合初步完成，肉眼呈细的红色线。
9. 完全愈合，由骨干至骨骺有骨小梁相连续。

Flecker（1932，1933）进一步提出了骨化中心出现与愈合的年龄顺序表（表1—11—7）供根据X线学分析判断年龄之用。

表1—11—7 骨骺出现与愈合的年龄顺序

年龄 性别	骨骺	所见
出生前		
两性	出现	肱骨头、股骨下端、胫骨上端、跟骨、距骨

续表

年龄 性别	骨骺	所　见
女性	出现	骰骨
第1年		
两性	出现	钩骨、头状骨、股骨头、外侧楔骨
女性	出现	头状骨、挠骨下端、胫骨下端、腓骨下端
男性	出现	骰骨
第2年		
两性	出现	内侧4指的近节指骨
女性	出现	第一掌骨，拇指、中指、环指的远节指骨；足舟骨，内侧与中间楔骨
男性	出现	头状骨、挠骨下端、腓骨下端
2岁		
两性	出现	内侧4个掌骨、第一跖骨、足趾近节趾骨、踇指远节趾骨
女性	出现	拇指近节指骨、手指中节指骨
男性	出现	第一掌骨、拇指远节指骨、食指远节指骨、内侧楔骨
3岁		
女性	出现	髌骨、腓骨上端、第二跖骨、第三跖骨、第2—4趾中节趾骨、第3、4趾远节趾骨
男性	出现	三角骨、拇指近节指骨、中指与环指的中节指骨、足舟骨、中间楔骨
4岁		
两性	出现	第4跖骨
女性	出现	挠骨头、第5跖骨
	愈合	大结节与肱骨头
男性	出现	月骨、食指与小指中节指骨、中指与环指远节指骨、第二跖骨、第三跖骨、第二趾中节趾骨
5岁		
两性	出现	手舟骨、大多角骨、大转子、第二趾远节趾骨
女性	出现	内上髁、尺骨下端、月状骨、三角骨、小多角骨、食指远节指骨
男性	出现	挠骨头、小指远节指骨、髌骨、腓骨上端、第五跖骨、第3、4趾中节趾骨及远节趾骨
	愈合	大结节与肱骨头
6岁		
男性	出现	内上髁、尺骨下端、小多角骨
7岁		
女性	出现	小指远节指骨
	愈合	坐骨与耻骨枝

续表

年龄 性别	骨骺	所　见
8岁		
两性	出现	跟骨骨突
女性	出现	鹰嘴
9岁		
女性	出现	滑车、豌豆骨
男性	愈合	坐骨枝与耻骨
10岁		
男性	出现	滑车、鹰嘴
11岁		
女性	出现	外上髁
男性	出现	豌豆骨
12岁		
男性	出现	外上髁
13岁		
女性	出现	拇指近端籽骨（sesamoid）
	愈合	肱骨下端联合骺，拇指远节指骨，髂骨、坐骨与耻骨体
男性	愈合	小头、滑车与外上髁
14岁		
女性	出现	肩峰、髂嵴、小转子
	愈合	鹰嘴、桡骨上端、环指近节指骨、拇指远节指骨、股骨头、大转子、胫骨与腓骨下端、跟骨骨突、第一跖骨、足趾近节趾骨
男性	出现	拇指近端籽骨、第五跖骨底
15岁		
两性	出现	小指籽骨
	愈合	第2—4趾远节趾骨
女性	出现	食指与小指籽骨
	愈合	内上髁、第一掌骨、拇指近节指骨、内侧4指远节指骨、胫骨上端、外侧4跖骨、第二趾中节趾骨、内侧4趾远节趾骨
男性	出现	肩峰
	愈合	髂骨、坐骨与耻骨
16岁		
女性	出现	拇指远端籽骨、坐骨结节

续表

年龄 性别	骨骺	所　见
	愈合	内侧 4 掌骨、2—4 指近节指骨、各指中节指骨
男性	愈合	肱骨下端联合骺、内上髁、鹰嘴、挠骨头、中指远节指骨、跟骨骨突
17 岁		
两性	愈合	肩峰
女性	愈合	肱骨上端联合骺、尺骨下端、股骨下端、腓骨上端
男性	出现	拇指远端籽骨
	愈合	第一掌骨、拇指与环指近节指骨、2—4 指中节指骨、1—4 指远节指骨、股骨头、大转子、胫骨与腓骨下端、各跖骨、足趾近节趾骨、第二趾中节趾骨、拇趾远节趾骨
18 岁		
女性	愈合	挠骨下端
男性	愈合	内侧 4 掌骨、2—4 指近节指骨、小指中节指骨、胫骨上端
19 岁		
男性	出现	食指籽骨、坐骨结节
	愈合	肱骨上端联合骺、挠骨与尺骨下端、股骨下端、腓骨上端
20 岁		
两性	愈合	髂嵴
男性	愈合	坐骨结节
21 岁		
两性	出现	锁骨胸骨端
女性	愈合	坐骨结节
22 岁		
两性	愈合	锁骨

上表所列骨骺的出现与愈合情况是就各年龄的平均趋势而言的，缺乏对个体变异的估计。

其后许多学者根据自己的研究提出各种各样的分类方法，用表和图的方式提出各自的判定标准。我国李果珍等（1979）曾提出依手部 X 线摄影判定年龄的方法；欧阳镇等（1987）提出依肘部 X 线摄影判定年龄的方法，都有值得参考的价值。

日本学者杉浦保夫、中沢修（1968）曾就男性 1 200 人（生后 7 天至 17 岁），女性 1 100 人（生后 7 天至 18 岁）系统观察了手、足、肘、膝、骨盆等的年龄性变化，提出一整套用 X 线摄影法推定年龄的标准，并出版了专著《骨年齢—骨格発育のX 線診断》一书，可用于法医学鉴定的实际。

二、用手部X线摄影推定年龄

（一）观察的骨骼

手部的观察骨骼计有以下4组：

1. 第1组：桡骨＋尺骨

(1) 桡骨下端骨骺

(2) 尺骨下端骨骺

2. 第2组：腕骨（计8骨）

3. 第3组：掌骨（计5骨）

4. 第4组：指骨

(1) 第1—第5近节指骨

(2) 第2—第5中节指骨

(3) 第1—第5远节指骨

（二）观察指标与标准

观察指标为骨化中心，根据其发生发展特点，将骨骺骨化中心分为0—10共11个阶段，将腕骨的骨化中心分为0—5共6个阶段。

1. 骨骺骨化中心的分期（图1—11—7至9）

(0) 骨化中心未出现；

(1) 出现小圆形阴影（与骨化中心出现的时期相当）；

(2) 比(1)有分化，但尚未呈现骨化中心固有的形态；

(3) 开始分化，形成骨化中心固有的形态；

(4) 进一步发展，产生凹凸样轮廓，但骨化中心的宽度小于骨干的宽度；

(5) 骨化中心的宽度与骨干一致；

(6) 骨化中心与骨干相对应的缘下垂，形成帽状（capping）初期；其间尚留有空隙；

(7) 间隙的距离缩小，呈现两面相互平行的锯齿状；

(8) 两者愈合开始，但尚未完成；

(9) 愈合完成，但尚有清楚的连续的横线；

(10) 完成愈合的成人骨。

如图1—11—7至9　所示，骨化中心的分期是人为的，其间尚有一些连续的移行阶段，有时难于判定究竟属哪一时期，特别是(2)—(3)，(8)—(9)的移行型更难判断。

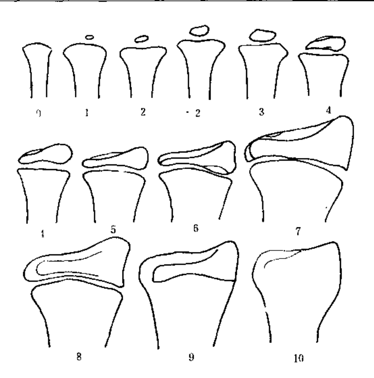


图1—11—7　桡骨下端骨骺骨化中心的分期

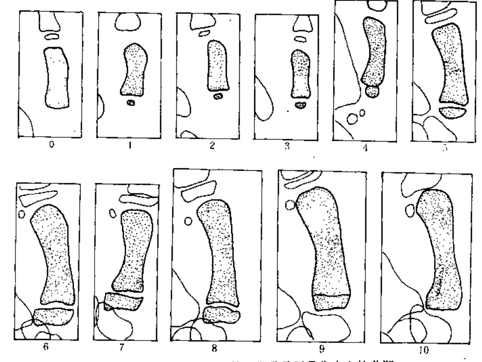


图1—11—8　第一掌骨骨骺骨化中心的分期

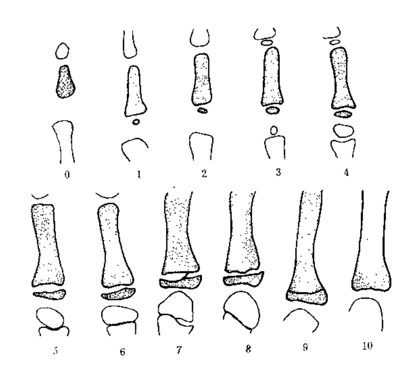


图 1—11—9　第二指骨近节指骨骨骺骨化中心的分期

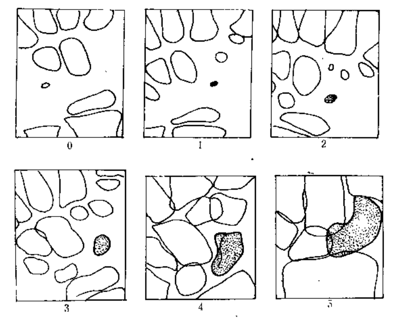


图 1—11—10　腕关节舟状骨骨化中心的分期

2. 腕骨骨化中心的分期（图 1—11—10）

(0) 骨化中心未出现；

(1) 出现小圆形阴影；

(2) 比 (1) 更为分化，但尚处于共通的光滑的圆形时期；

(3) 开始显示骨化中心的固有形态，出现一些凹凸；

(4) 骨化中心的固有分化继续进行，与相邻骨间形成明确的关节面；

(5) 成熟完成，彼此相互重合。

(三) 推定年龄

将上述分期作为得分数，则第1组桡骨0—10与尺骨0—10共得0—20分；第2组有8块腕骨各为0—5共得0—40分；同样，第3组共得0—50分；第4组共得0—140分。

实际应用时，按照上述标准求得各个骨化中心的得分数，然后按组求得合计分数，按表1—11—8求得相应的年龄。各组所得的年龄多不一致，如第1组为9岁6个月，第2组为9岁11个月，第3组为9岁0个月，第4组为9岁3个月，可取其平均值作为估计的个人年龄。

表1—11—8　　不同年龄手部各骨骨化中心的平均得分数

年龄	男性组别				女性组别			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0.5	0	1.5	0	0	0	2.3	0	0
1.5	0.8	4.1	0.9	3.2	1.7	4.8	3.0	12.9
2.5	2.1	5.6	5.5	19.3	2.6	6.1	10.1	28.6
3.5	2.6	6.7	8.8	28.8	3.0	7.7	13.8	42.3
4.5	3.1	8.0	13.7	39.6	3.3	10.1	16.7	50.2
5.5	3.4	9.6	17.0	45.4	3.7	13.9	18.5	55.7
6.5	3.8	11.3	18.0	52.6	4.8	19.6	21.9	61.9
7.5	4.3	16.2	20.0	57.8	6.3	22.2	24.2	65.5
8.5	5.5	20.0	22.3	60.8	7.2	24.2	25.8	67.8
9.5	7.0	22.2	24.6	64.8	8.6	26.6	29.2	75.9
10.5	8.1	25.9	26.4	67.2	9.3	33.4	32.7	81.2
11.5	9.3	28.9	28.7	73.0	11.2	34.8	35.2	88.3
12.5	9.9	29.5	29.2	74.2	13.1		38.1	97.7
13.5	12.0	34.0	36.1	85.8	16.9		43.3	118.1
14.5	13.5		39.6	92.8	17.5		45.5	125.6
15.5	16.0		44.0	113.6	18.4		48.1	133.0
16.5	17.3		46.5	127.2	19.2			137.2
17.5					19.5			
18.5					19.7			

三、用足部X线摄影推定年龄

足部由于摄影条件限制，观察不到比距骨、跟骨以及中节趾骨更远的（踇趾除外）骨骺骨化中心，因此仅以足舟骨、骰骨、第1—5跖骨、第1—5近节趾骨及踇趾的远节趾骨为观察对象，共计16个骨化中心。分为3组：

1. 第1组：足舟骨，骰骨，内侧、中间与外侧楔骨。

2. 第2组：第1—5跖骨。

3. 第3组：第1—5近节趾骨，踇趾远节趾骨。

与手部X线摄影的分期标准相同，骨骺骨化中心分为0—10期；跟骨、足舟骨、骰骨及楔骨等圆形骨与腕骨同样分为0—5期。

求得各组的得分数，第1组可得0—25分，第2组可得0—50分，第3组可得0—60分，可用依手部X线摄影推定年龄的同样方法，依表1—11—9求得被检对象的估计年龄。

表1—11—9　不同年龄足部各骨骨化中心的平均得分数

年龄	男性组别			女性组别		
	1	2	3	1	2	3
0.5	3.3	0	0	3.8	0	0
1.5	6.1	0	0	7.3	0.3	5.9
2.5	7.2	1.0	8.5	9.1	2.8	13.9
3.5	10.4	3.0	14.6	12.6	9.4	20.6
4.5	12.4	8.1	19.1	13.3	15.2	22.3
5.5		12.1	22.2		19.3	24.8
6.5		16.9	24.1		23.0	28.1
7.5		21.5	26.5		25.9	30.7
8.5		25.5	28.6		29.1	33.0
9.5		27.9	30.4		33.0	35.8
10.5		29.9	32.3		34.9	37.4
11.5		32.5	36.1		38.0	39.3
12.5		33.5	37.4		38.9	42.9
13.5		36.3	39.0		45.4	52.4
14.5		40.4	46.8			
15.5		46.4	51.7			
16.5		48.7	56.4			

四、用肘部 X 线摄影推定年龄

欧阳镇等（1987）就男性 294 人（8—15 岁），女性 225 人（8—13 岁）用 X 线摄影法观察了肘部骨骼的年龄性变化。认为与手腕部相比，肘关节部位的骨发育持续时间较短（继发骨化中心出现晚，干骺愈合的却较早），但骨化活跃的过程大多集中在手腕部骨化的相对缓慢阶段，即儿童的学龄期。对这一期间的年龄判定，用肘部 X 线摄影可望比手部更为准确。

首先拍肘部正位片和侧位片各 1 张。正位片着重观察肱骨小头、肱骨内上髁、桡骨头、肱骨滑车和肱骨外上髁的骨化中心；侧位片着重观察尺骨鹰嘴的发育情况。然后参照下述各年龄肘部的主要 X 线征象及标准图谱(图 1—11—11)，找出成熟水平相近者。相应标准图所代表的年龄即为骨骺发育年龄。当正位和侧位片骨龄不一致时，如正位片为 11 岁，侧位片为 12 岁，则以两者均值 11.5 岁作为被判定的骨龄。

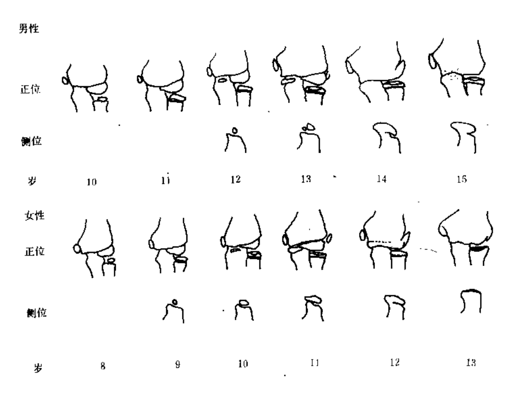


图 1—11—11　肘部骨龄标准

（一）男性各年龄肘部主要 X 线征象

1. 10 岁　可见肱骨小头、肱骨内上髁和桡骨头等 3 个骨化中心；
2. 11 岁　桡骨头长径达到干骺端宽度的 2/3；

3. 12 岁　肱骨滑车和尺骨鹰嘴骨化中心出现；

4. 13 岁　肱骨外上髁骨化中心出现；鹰嘴出现 2 个骨化中心，或 1 个骨化中心的长径超过干骺端斜面的 1/2；

5. 14 岁　肱骨滑车完全愈合；外上髁和肱骨小头共同与干骺端部分愈合；鹰嘴部分愈合，愈合部分不超过干骺端宽度的 1/2；

6. 15 岁　外上髁等完全愈合；鹰嘴愈合部分超过干骺端宽度的 1/2。

（二）女性各年龄肘部主要 X 线征象

1. 8 岁　可见肱骨小头、肱骨内上髁和桡骨头等 3 个骨化中心；

2. 9 岁　桡骨头的长径达到干骺端宽度的 2/3；鹰嘴骨化中心的长径不超过干骺端斜面的 1/2；

3. 10 岁　肱骨滑车出现；鹰嘴骨化中心的长径超过干骺端斜面的 1/2，或出现 2 个骨化中心；

4. 11 岁　肱骨外上髁出现；鹰嘴骨化中心的长径超过干骺端的宽度：

5. 12 岁　肱骨滑车、外上髁和尺骨鹰嘴等干骺部分愈合；

6. 13 岁　除肱骨内上髁外，各干骺完全愈合。

五、用盆部 X 线摄影推定年龄

盆部用于 X 线摄影可在很长时间内观察骨骺的发育过程，一般在手、足、肘等各关节骨骺发育成熟以后，在盆部仍可见有骨骺继续发育，因此是判定年龄的有价值的部位。通常根据髂嵴与坐骨结节骨骺的发育状态推定年龄。

（一）髂嵴骨骺的发育分期（图 1—11—12）

（1）髂嵴骨化中心尚未出现，髂嵴上缘呈锯齿状；

（2）在呈锯齿状的髂嵴上缘中央稍外侧，出现 1 个或数个骨化中心，有时见于中央部或稍内侧；

（3）骨化中心的长径增加，全长约为髂嵴上缘长的 1/2；髂嵴上缘与骨化中心互相对应的边缘均呈锯齿状；

（4）骨化中心的长径继续增加，全长约为髂嵴上缘长的 2/3，仍以锯齿状缘互相对应；

（5）骨化中心全长覆盖髂嵴上缘，仍以锯齿状互相对应；

（6）与（5）的形态大体相似，锯齿状缘变模糊，骨化中心的厚度增加；

（7）骨骺的中部开始与髂骨体相愈合，但在骨骺的两端部仍与髂嵴间留有间隙；

（8）骨骺与髂嵴上缘开始全面愈合，愈合的骺线呈线状；

（9）髂嵴上缘与骨骺的愈合继续进行，骺线呈断续的残破线状；

（10）骨骺与髂骨体的愈合完成，成为成熟的髂骨。

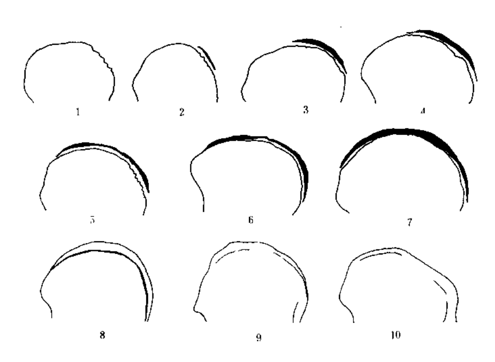


图 1—11—12　髂嵴骨骺的发育分期

（三浦，中沢）

（二）坐骨结节骨骺的发育分期（图 1—11—13）

（1）坐骨结节骨骺骨化中心未出现；

（2）坐骨体外侧缘变模糊，有骨化中心出现；

（3）骨化中心向下方增长，达至坐骨结节者；

（4）骨化中心长度进一步增加，覆盖整个坐骨结节。骨骺开始与坐骨体相愈合；

（5）骨骺与坐骨体完全愈合，形成坐骨结节的固有形态。

（三）骨骺发育指标与年龄的关系（如表 1—11—10 所示）

表 1—11—10　根据髂嵴及坐骨结节骨骺发育判断年龄

年龄	髂嵴（级别）		坐骨结节（级别）	
	男	女	男	女
13	(1)	(3) (4)	(1)	(2)，偶 (3)
14	(2)，偶 (3)	(5)	(2)，偶 (1)	(3)
15	(3) (4)，偶 (5)	(6)	(2)，偶 (3)	(4)
16	(6)	(7)	(4)，偶 (3)	(4)
17	(7)，偶 (6)	(7)	(4)	(4)

续表

18	(8)，偶 (9)	(8)	(4)	(4)
19	(9)	(8) (9)	(4)	(4)
20	(9)	(9)	(4)，偶 (5)	(4) 偶 (5)

（田岛）

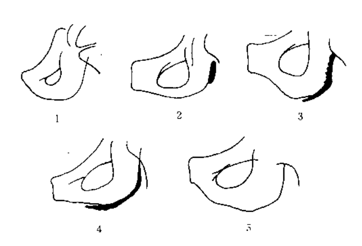


图 1—11—13　坐骨结节骨骺的发育分期

（三浦、中沢）

六、根据肱骨及股骨上端 X 线摄影推定年龄

早在 1959 年，Schranz 就研究了肱骨上端骨髓腔向外科颈发展与年龄的关节。对肱骨上端骨髓腔的观察，可以沿其长轴纵断，但以 X 线摄影观察则更为方便，且是非破坏性的。根据放射线学的和解剖学的观察，Schranz 提出了如下的判定年龄标准。

15—16 岁：干骺端（骨干生长端）仍是软骨性的；

17—18 岁：初期愈合；骨干内腔仍是尖形拱状的；

19—20 岁：愈合接近完成；骨骺的内部结构呈放射状，骨干内腔尖形拱状；

21—22 岁：愈合完成，外侧面仍留有痕迹的软骨；内部结构同前；

23—25 岁：干骺端的发育完成；骨骺的内部结构不再呈明显的放射状，骨干内腔仍是尖形拱状的；髓腔距外科颈很远；

26—30 岁：骨骺内部结构的放射线状减弱；骨干内腔尖形拱状；髓腔尚未达外科颈；

31—40 岁：骨骺的内部结构不再呈放射线状；大部分髓腔上部接近外科颈；

41—50 岁：骨骺的柱形结构呈断续状，髓腔圆锥达至外科颈；在圆锥与骺线之间可留有空隙；

51—60 岁：在肱骨大结节上出现豌豆大小的空隙；

61—70 岁：骨的外面粗糙；皮质变薄；骨干的内部结构不规整；髓腔达至骺线；大结节中有豆大间隙，肱骨头显示透明状；

75 岁以上：骨的外面粗糙；大结节的突出不显；皮质薄；髓腔中仍留有少量海绵样组织；骨骺（头）很脆弱，透明度增加。

上述各项指标都是就男性而言。对于女性，在青春期早 2 年，在成熟期早 5 年，在老年早 7—10 年。

Nemeskeri 等（1960）进一步研究了肱骨与股骨的近端骨骺变化，其后又由 Ascadi 与 Nameskeri（1970）加以总结，将其变化分为 6 期。图 1—11—14 及图 1—11—15 分别

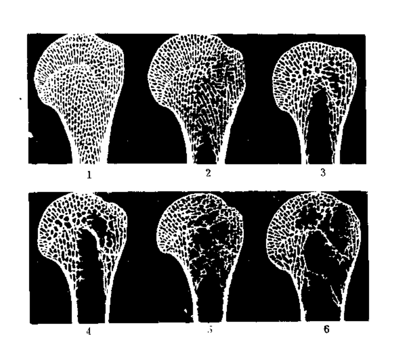


图 1—11—14　肱骨上端松骨质中结构变化的分期

(Ascadi, Nemeskeri; 1970)

显示肱骨与股骨各期的变化。各期变化与年龄的关系如表 1—11—11 所示。

（一）肱骨上端变化的分期

第 1 期：髓腔的顶端远在外科颈以下；骨小梁呈放射状系统（小部分呈尖形拱状排列）。

第 2 期：髓腔向近端扩展，其顶端高达外科颈或以上，达至与骺线距离的 1/4 处。骨小梁系统脆弱易碎，部分呈尖形拱状。

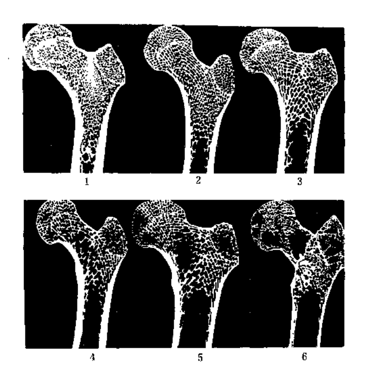


图 1—11—15　股骨上端松骨质中结构变化的分期

(Ascadi, Nemeskeri　1970)

第 3 期：髓腔的顶端可达至骺线；骨小梁系统呈尖形拱状。沿骨干与骺端边缘的皮质出现柱状结构，个别的骨小梁变厚。

第 4 期：髓腔的顶端达至骺线或其以上；大结节的骨小梁系统中出现洞隙，沿髓腔两侧的柱状结构有时呈碎裂状。

第 5 期：在大结节中出现 2—5mm 大的腔隙；髓腔顶端伸延至骺线以上；在髓腔的两侧柱状结构仅剩下不连续的残片。

第 6 期：在大结节中形成的腔隙的直径超过 5mm，可达至皮质。肱骨头中的骨小梁系统极其稀疏，骨小梁呈蛛网状破碎。髓腔顶端向上扩展并与大结节中形成的腔隙相汇合，松骨质仅留有残迹。皮质变薄，透明。近端骨骺的表面萎缩、皮质变脆。

（二）股骨上端变化的分期

第 1 期：髓腔顶端远在小转子以下；骨小梁的交叉结构厚实；难以辨别单个的骨小梁。

第 2 期：髓腔的顶端达至或超过小转子的下限；在骨干与骺端的边缘以及在股骨颈内，小梁的弓形束状构型和转子内的束状构型开始变稀疏。初期的小梁稀疏化在颈的中部表现最明显。

第3期：髓腔的顶端达至小转子的上限；小梁构型的稀疏化在颈的中部显著，个别的骨小梁变薄，破坏。大转子中的骨结构也开始变疏松。

第4期：髓腔的顶端伸展到小转子上限以上。在颈的中部出现境界清楚的直径5—10mm的腔隙。在骨干与骨骺的边缘，在大转子以及股骨头凹下方的股骨头中均显现明显的稀疏化。

第5期：在颈部原有的骨小梁系统仅留有一些多孔性残余结构。大转子中形成约3mm大小的境界清楚的腔隙。在股骨头凹下方的头部中以及在头的中部和侧缘部都有洞隙的形成。髓腔的顶端已超出小转子的上限。

第6期：在颈部和大转子中形成的洞隙增大，直径分别超过10和5mm。颈中部的洞隙由子骨结构的进一步疏松化而与髓腔相汇合，仅在皮质附近尚残留原有小梁结构的残片。皮质变薄和透明，使萎缩的骨表面凸凹不平。

表1—11—11　根据肱骨和股骨上端的X线像判断年龄

分期	平均年龄	S.D.	实际范围	计算范围（3S.D.）
肱骨				
Ⅰ	41.1	6.60	18—68	21.3—60.9
Ⅱ	52.3	2.51	24—68	44.8—59.8
Ⅲ	59.8	3.59	37—86	49.0—70.5
Ⅳ	56.0	1.84	19—79	50.5—61.6
Ⅴ	61.0	2.05	40—84	54.9—67.2
Ⅵ	61.1	3.39	38—84	50.9—71.2
股骨				
Ⅰ	31.4		18—52	
Ⅱ	44.0	2.60	19—61	36.2—51.8
Ⅲ	52.6	1.86	23—72	47.0—58.2
Ⅳ	56.0	2.32	32—86	49.0—63.0
Ⅴ	63.3	2.17	38—84	56.8—69.9
Ⅵ	67.8	3.64	25—85	56.9—78.7

（Ascadi，Nemeskeri 1970）

七、根据锁骨与耻骨X线摄影推定年龄

（一）根据锁骨X线摄影推定年龄

1985年，Walken与Lovejoy就锁骨的X线所见与年龄的关系进行了研究，将其分为以下8个阶段进行分析。

1. 18—24岁　全部骨髓腔中充满紧密排列的细小颗粒状骨小梁。骨小梁大致沿锁骨

长轴呈平行层板状排列。其胸骨端与肩峰端也都充满细小颗粒状骨小梁。

2. 25—29 岁 与前一阶段大体相同，仅骨髓腔及骨干端的骨小梁构筑像略显疏松。

3. 30—34 岁 骨髓腔中的层板状骨小梁明显减少，骨干端尤为疏松。

4. 35—39 岁 骨髓腔中的层板状骨小梁构筑不易辨认。

5. 40—44 岁 骨髓腔及骨干端的骨小梁构筑明显疏松。

6. 45—49 岁 与前一阶段相比骨小梁略有吸收。

7. 50—55 岁 除骨髓腔中部外，骨小梁的吸收继续进行，显示极为疏松的骨小梁构筑像。

8. 55 岁以上 与前一阶段难以区别，其骨小梁构筑像大体相似。

根据上述标准，就 Hamann－Todd 收藏骨标本进行盲测，认为锁骨的骨小梁构筑像的年龄性变化比肱骨及股骨的显示更高的相关性。但据濑田、吉野意见，由于对其原著所示的锁骨 8 个阶段标准 X 线像可有不同的理解，用于实际鉴定尚有困难。

（三）根据耻骨 X 线摄影推定年龄

早在 1930 年，Todd 就已将耻骨的 X 线像年龄性变化分为 4 个阶段：

1. 25 岁以下 骨小梁显示微细的网眼状构筑像（X 线片上呈约 0.5×0.5mm 的网眼）。其联合面呈波浪状，耻骨下端不明显，无密质骨的白线。

2. 26—39 岁 骨小梁显示中等度的网眼状构筑像（X 线片上呈约 1.0×1.0mm 的网眼）。联合面显示直线状或稍不规则的轮廓。下端的发育尚不完全。密质骨的白线尚难辨认。

3. 40—55 岁 骨小梁呈中等度的网眼状。下端发育良好。密质骨显示明显的白线。白线是由于耻骨的腹侧壁骨密度增加面形成的。

4. 55 岁以上 骨小梁显示疏松的网眼状构筑像（X 线片上呈约 1.5×1.5mm 网眼）。下端都呈方形。密质骨的白线被吸收面呈斑点状。白人耻骨在这一期尚见有骨小梁呈横纹样构筑及不规则化的表现，但因在黑人耻骨未见到这一所见，认为不是真正的年龄性变化。

松山和正等（1982）就完全的骨化的耻骨按 Todd 的方法进行腹背方向的软 X 线摄影，研究其骨小梁构筑的年龄性变化。发现越是年轻，其网眼越密，自 25 岁左右起，网眼变不规则，30 年代后半开始出现放射状的横纹构筑，50 岁以上横纹构筑更为明显。年龄再高，则网眼稀疏，横纹构筑趋于消失。

池田典昭等（1983）由距联合面 1.5cm 处取下耻骨联合部（不包括软骨），将联合面平放在 X 线片上，研究骨小梁构筑像及联合面背侧缘的年龄性变化，其结果如下：

1. 20—30 岁 骨小梁显示极为密实的细小网眼状结构。背侧缘在 25 岁以前有一定厚度但境界不清，25 岁以后渐趋明显。

2. 30—40岁　骨小梁的网眼状结构由背侧中部起逐渐粗松化。背侧缘极为明显。

3. 40—55岁　40岁以后骨小梁全面粗松化并出现横纹样构筑。50—55岁横纹构筑明显，背侧缘逐渐变细。

4. 55—70岁　骨小梁的横纹构筑是这一时期的主要所见，其网眼状结构更为疏松化。背侧缘在55岁以后变得更细，60岁以后变得更加不明显。

5. 70岁以上　横纹变细，骨小梁的构筑几乎消失。

第五节　牙X线摄影对年龄的推定

一、根据牙根钙化长度推定年龄

一般牙根的发育均晚于牙冠，在牙冠釉质及牙本质形成后，随着根部上皮根鞘的出现，促使牙髓分化出造牙本质细胞，沉积牙本质。牙本质形成后，牙囊的结缔组织在根面的牙本质上形成牙骨质，并逐渐钙化。

牙根钙化最早见于第一恒磨牙，大约始于4—5岁，最晚见于第二恒磨牙，大约完成于14—15岁（第三磨牙除外）。牙根的发育与年龄的关系至为密切，因此成为用X线判定少儿时期年龄的一项重要指标。

据金田的研究，牙根的钙化程度与年龄的关系如图1—11—16所示。其推定年龄的准确性可高达95.4%（男性）和96.8%（女性）。

二、根据牙髓腔的变化推定年龄

青年人的牙髓腔一般较大，但是由于在人的一生中牙本质持续沉积在髓腔壁上，以及因牙冠的船面磨损使髓室顶逐渐下沉，导致牙髓腔的体积随年龄的增加而变小。据藤本（1958）通过X线观察，牙髓腔的变化可分为A、B、C、D四种类型，随年龄的增加由A型向D型转化。（图1—11—17）。

A型　髓室开阔呈圆锥形，髓角尖锐。根管近髓室处大而呈漏斗状，根尖孔大。

B型　近根尖1/3部分的根管变细，呈棒状。髓角萎缩呈钝圆。

C型　髓腔与根管萎缩更为明显，根尖孔变小。

D型　根管呈细棒状，整个髓腔变得更为窄小。

推断年龄：

1. 各牙均呈A型所见，约10岁左右。

2. 除尖牙外，各牙都呈B型所见，约20岁左右。

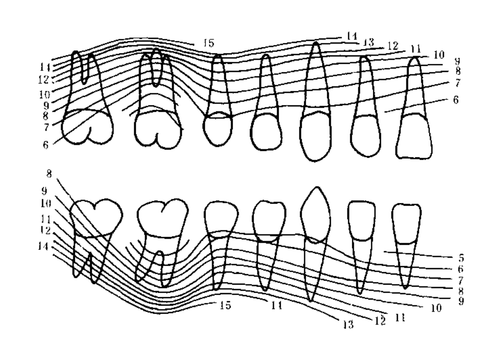


图 1—11—16　牙根钙化与年龄的关系

（金田，1951）

3. 上颌 4、5 牙，下颌 6 牙呈 C 型，约为 30 岁；若第 7 牙及所有牙都呈 C 型，约为 40 岁以上。

4. 各牙均呈 D 型者，约在 50 岁以上。

图 1—11—17 牙髓腔的形状变化与年龄

（滕本，1958）

三、根据牙发育的 X 线像推定年龄

本法为 Moorrees，Fanning 与 Hunt (1963) 所创。将牙的发育过程分解成一系列 X 线指标，根据这些指标的形成时间（均值 $m \pm 2S$），制成由牙的发育推算年龄图。

根据切牙或尖牙或双尖牙各个部分（牙冠、牙根、根尖）的不同发育阶段（图 1—11—18），由年龄推算图即可推算得平均估计年龄及其 95%置信区间。

尖牙与双尖牙的年龄推算图（1—11—19），是男性的标准，若为女性可取男性估计年龄×0.95。切牙的年龄推算图为女性结果（图 1—11—20），若为男性可取女性估计年龄×1.053。

图中所用代号代表的牙不同发育阶段如下：

C_1　牙尖开始形成　　　　C_2　牙尖联合

C_3　牙尖轮廓形成　　C_{r1}　牙冠形成 1/2

C_{r2}　牙冠形成 3/4　　C_{r3}　牙冠完成

R_1　牙根开始形成　　R_2　牙根形成 1/4

R_3　牙根形成 1/2　　R_4　牙根形成 3/4

R_4　牙根完成　　A_1　根尖封闭 1/2

A_2　根尖封闭完成

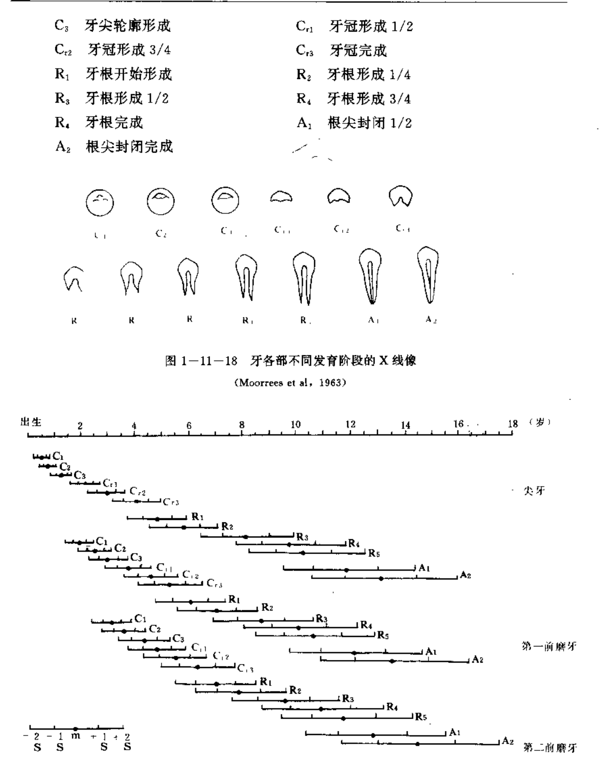


图 1－11－18　牙各部不同发育阶段的X线像

(Moorrees et al，1963)

图 1－11－19　尖牙及双尖牙的不同发育阶段与年龄（男性）

(Moorrees et al 1963)

图 1—11—20　切牙不同发育阶段与年龄（女性）

(Moorrees et al 1963)

四、根据牙冠指数推定年龄

1985 年，池田典昭等就性别、年龄已知的非龋蚀牙 116 颗（切牙 53，磨牙 63，不包括第三磨牙），用软 X 线摄影，在印相纸上测得其牙冠长与冠部髓腔长之比（牙冠指数 tooth-coronal index），借以推定年龄。

（一）方法

取被检牙以其长轴与 X 线片平行，颊舌方向与 X 线片大致垂直，放在 X 线片上。按颊舌方向，以超软 X 线装置摄影，其 X 线回路电压为 40KVP，最大管电流为 5mA，焦点距离为 40cm，摄影时间 180s。在印相纸上放大 4 倍后洗印。

取洗印的 X 线像，将两侧呈点状显现的牙颈线连成直线，再由髓腔顶端和牙冠的顶端分别引出与此直线平行的两条线，即可求出牙冠长（A）和冠部髓腔长（B）（图 1－11－21）。则牙冠指数：

$$TCI = B/A \times 100$$

若由印相纸上难以确定牙颈线的位置，可在暗室中，将实际牙投影于印相纸上以确定牙颈线的正确位置。

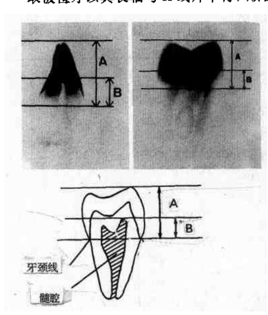


图 1－11－21　牙冠指数的计测部位
（池田典昭等，1985）

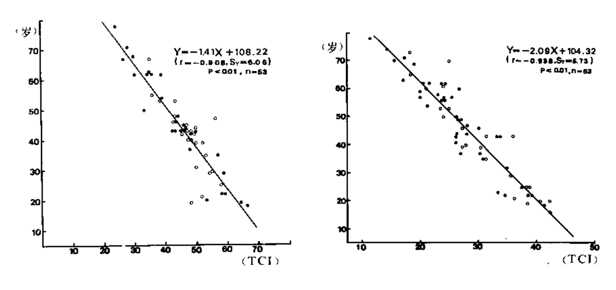
（二）牙冠指数与牙龄的相关与回归

1. 牙冠指数与牙龄的相关　全部被检牙分为切牙与磨牙两组。牙冠指数与年龄的关系如图 1－11－22 所示。两组的牙冠指数都因增龄而变小，呈明显的负相关。切牙组的相关系数 r＝－0. 908，磨牙组的相关系数 r＝－0. 938。

负相关的产生与随着年龄的增长，冠部髓腔长度的减少较冠部长度的减少相对为大有关。由于增龄，牙冠被磨耗，外表实质的缺损，由内部增生修补，即在髓腔内沉积继发牙本质，使髓腔变狭窄，冠部髓腔的长度减少。冠部虽然也有磨耗，但因其磨耗的不均一性，计测时又以冠部顶端为准，其长度的减少不如髓腔长度的减少更为明显。

2. 推算牙龄的回归方程

（1）切牙组



左：切牙组　右：磨牙组

·男性　◦女性

图 1—11—22　牙冠指数与牙龄的相关

（池田典昭等，1985）

$\hat{Y}=-1.41X+108.22$

标准估计误差（S_{YX}）为±6.06 岁

（2）磨牙组

$\hat{Y}=-2.09X+104.32$

标准估计误差（S_{YX}）为 5.73 岁

（贾静涛）

参考文献

1. Evans KT, Knight B, Whittaker DK. Forensic radiology. Oxford: Blackwell. 1981.
2. Krogman WM, Iscan MY. The human skeleton in forensic medicine Springfield: Thomas. 2nd ed. 1986: 458—476.
3. Yoshino M, et al. Classification system of frontal sinus patterns by radiography. Its application to identification of unknown skeletal remains. Forens Sci Intern 1987; 34: 289—299.
4. Sekharan PC. Identification of skull from its suture pattern. Forens Sci Intern 1985; 27: 205—214.
5. Sekharan PC. Sexing of skulls via suture pattern types. J Forens Sci Soc India. 1986; 2

(2) ：19—24.

6. Sekharan PC. Personal identification from skull suture pattern. Can Soc Forens Sci J. 1989；22 (1) ：27—34.
7. Sauer NJ, Brantley RE. The effecfs of aging on antemortem-postmortem comparisons of the peripheral skeleton for positive identifieation. Can Soc Forens Sci J. 1989；22 (1) ：61—68.
8. Brandt-Casadevall C，Krompecher T，Gujer HR. Identification based on medical data. Can Soc Forens Sci J. 1989；22 (1) ：35—42.
9. 杉浦，中沢．骨年齢一骨格発育のX线診断一東京：中外医学社。第3版。1976：1—196.
10. 欧阳镇，唐锡麟，刘宝林。肘部骨骼年龄判定方法的研究。中国法医学杂志。1987；2 (2) ：81—84.
11. 李果珍，张德苓，高润泉。中国人骨发育的研究。中华放射学杂志。1979；13(1)：19—22.
12. Yoshino M，et al. Classification system of frontal sinus patterns. Can Soc Forens Sci J. 1989；22 (2) ：135—146.
13. 瀬田季茂，吉野峰生。白骨死体の鑑定。東京：令文社。1990.
14. Walker RA，Lovejoy CO. Radiographic changes in the clavicle and proximal femur and their use in the determination of skeletal age at death. Am J phys Anthropo 1985；68：67—78.
15. 松山和正，他。恥骨結合およびその周辺部の加齢変化に関するひ线学的研究。日法医誌．1982；36：269.
16. 池田典昭，他。超軟X线による恥骨結合の加齢的変化。法医学の実際と研究。1983；26：31—34。
17. 池田典昭，他。超軟X線像を利用した歯芽からの年齢推定。日法医志　1985；39 (3) ：244—250.

第十二章　遗骨死后经过时间的推定

第一节　根据一般观察所做的推定

推定遗骨的死后经过时间是法医人类学所面临的最重要任务之一。但是由于影响因

素很多，这一问题的解决又是相当复杂和困难的，需要细心的观察和谨慎的判断，根据一般观察所做的推定，主要依据昆虫的侵袭情况、尸体的崩解和骨质的崩解情况。

一、昆虫的侵袭

昆虫对尸体的侵袭，受尸体所处的位置很大的影响。尸体暴露于空气中，埋葬在地下或浸泡在水中，昆虫对尸体的侵袭是不可能一样的。据 Leclercq(1969)的意见，暴露于空气中的尸体可发生 8 个连续的昆虫侵袭波，依据这些侵袭波进行死后经过时间的推断时应当取得昆虫学家的密切合作，以便对昆虫的科属做出正确的分类(图 1－12－1、2)。

第 1 波　这是死后立即发生的侵袭波，常见为丽蝇 (Calliphora) 与家蝇 (Musca) 属的幼虫。丽蝇包括大多数常见于肉食和乳制品上的产卵蝇。产卵后 8 —14 天可孵化为幼虫。由孵出幼虫至第 1 代蛹在温季约为 10 天，在夏季约为 12 天，在冬季需更长的时间。家蝇孵卵时间约为 8—10 天，再经 8 天可成蛹，第 1 代蛹期约为 7 天。

第 2 波　构成这一侵袭波的昆虫是尸臭形成后招引而来的。最常见的蝇属是麻蝇 (Sarcophaga)、绿蝇 (Lucilia) 和蓝蝇 (Cynomyia)。麻蝇是胎生的，雌蝇一次可产 10—20 群，一群为 150—200 个幼虫。此类蝇的群集时间约在死后 4 周左右。

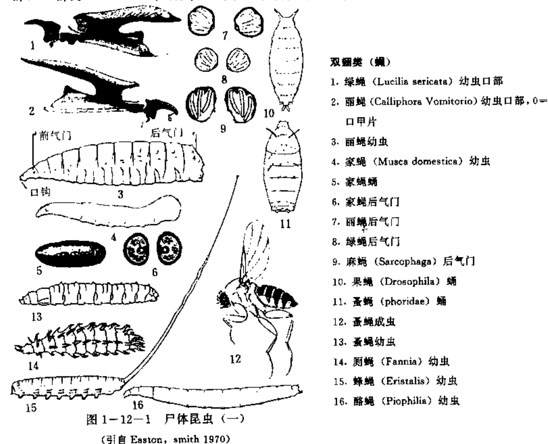
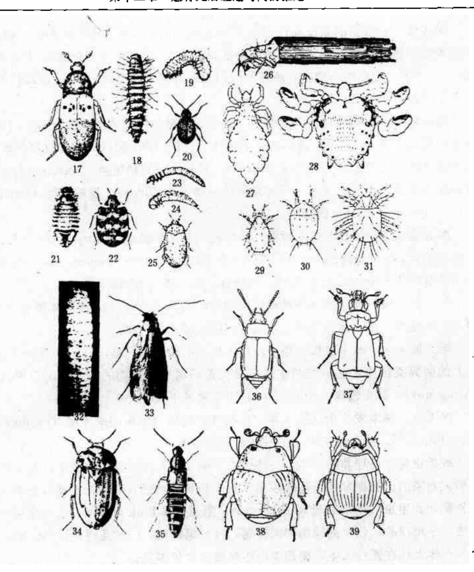


图 1－12－1　尸体昆虫（一）

（引自 Easton，smith 1970）



鞘翅目（甲虫）

17. 皮蠹科甲虫成虫（Dermestes lardarius）　18. 皮蠹科甲虫幼虫　19. 澳洲蛛甲（Ptinus tectus）幼虫　20. 澳洲蛛甲　成虫　21. 圆皮蠹属（Anthrenus verbasci）幼虫　22. 圆皮蠹属成虫　23. 粉虫属（Tenebrio moliter）幼虫　24. 黑皮蠹属（Attagenus pellio）幼虫　25. 黑皮蠹属成虫

毛翅目（石蚕蛾）、虱目（虱）、螨类

26. Grammotaulius atomarius 幼虫　27. 体虱（Pediculus humens）28. 阴虱（Phthirus pubis）　29. 粉螨属（Acarus siro）雌虫　30. 粉螨属若虫　31. Tyoglyphus 雄虫

鳞翅目（蛾）、鞘翅虫（昆虫）

32. 幕谷蛾（Tineola bisselliella）幼虫　33. 幕谷蛾 成虫　34. 扁尸甲属（silpha）　35. Oxypoda　36. 食花甲（Anthobium）　37. Necrophorus　38. 腐阎虫属（Saprinus）　39. Hister

图1－12－2　尸体昆虫（二）

（引自 Easton，Smith，1970）

第 3 波　最常见的是皮蠹科甲虫（Dermestes）和蛾类（缟螟属 Aglossa），在脂肪组织腐败后群集于尸体。在大多数情况下这种臭味来自丁酸。在与北欧气候相似的条件下需 3—6 个月；在温暖的地方，所需的时间要短得多（如死后一天）。皮蠹科甲虫可在 24 天以内使尸体白骨化。

第 4 波　紧接着脂肪丁酸发酵的下一个过程是蛋白质的酪蛋白发酵。可吸引来多数嗜食脂质的蝇类。如果前一波的蝇类未能侵入尸体内部，则这一类蝇将更加群聚于尸体。属于第 4 波的昆虫还包括厕蝇属（Fannia）和其他小的鞘翅类（Coleoptera）甲虫。如果腐败液体外溢，则这一波中还可有果蝇科（Drosophilidae）、鼓翅蝇科（Sepsidae）和粪蝇科（Sphaeroderidae）的蝇类。

第 5 波　这一波是与氨发酵同时发生的，包括黑蝇属（Ophyra）的昆虫。随着腐败液体的蒸发，出现蚤蝇科（Phoridae）的所谓驼背蝇（humpbacked flies）。有时在这一波中还能看到 Thyreophoridae 科的一些嗜食尸体干燥残留物的蝇类。

第 6 波　这一波包括一些吸食剩余腐败液的恙虫（mites），使尸体残留物干燥。这一期看不到蝇类，在欧洲的气候，达到这一期约需死后一年。

第 7 波　这一波中包括一些生活在毛皮、毛发、毛织品以及一些博物馆中类似的物质上的两翼类昆虫，这一类的主要昆虫也都是属于鞘翅类的，如不同种属的黑皮蠹属（Attagenus）、圆皮蠹属（Anthrenus）和皮蠹科甲虫等。

第 8 波　通常发生于死后 3 年。包括各种鞘翅类昆虫如蛛甲属（Ptinus）和粉虫属（Tenebrio）等，嗜食被先来的昆虫吃剩下的碎屑。

蝇类也见于已埋葬的尸体。这些蝇类是由以前在停尸处、棺木中以及土壤表面产的卵孵化而来的。根据发掘尸体的观察，有 4 种双翅类蝇（丽蝇、家蝇、蚤蝇和黑蝇）和两种鞘翅类甲虫（喽蜡虫属 Rhizophagus，隐翅虫属 Philonthus）。这些昆虫大体上是按下述顺序出现的：（1）丽蝇属和家蝇属；（2）黑蝇属；（3）蚤蝇科；（4）鞘翅类。蚤蝇侵入尸体大约在死后 1 年，鞘翅类则在死后第 2 年多见。

嗜腐昆虫是尸体的主要破坏者，还有一些食肉昆虫和杂食昆虫能吃尸体。食肉昆虫也是鞘翅类的。包括隐翅虫科（Staphylinidae）、闫虫科（Histeridae）和埋葬虫科（Silphidae）的昆虫。杂食类昆虫既能吃嗜腐昆虫，也能吃食肉昆虫，包括膜翅目昆虫（如黄蜂、蚁等）。

收集尸体昆虫对判断死后时间有重要意义，尤其是收集活的昆虫。对于未熟阶段的昆虫（幼虫和蛹）应注意勿使其死灭。蛆或双翅类幼虫的鉴识，如其前后呼吸门及口部特征未充分发育是很难的；蛹及成虫则可做出肯定的鉴识。要收集一些种类和大小明显不同的幼虫，记录每一类的数目和采集的部位。对尸体的着衣和其下方的土壤，要注意查找有无幼虫和蛹壳，对于判断是否存在一个世代以上的昆虫是很重要的。

采集的蛆虫应保存在有栓的玻璃管中，其中置一小片生肉或尸体组织。一管中所置

食物及蛆虫不要过多。在实验室中可在一个大容器的底部加一层锯屑，上面铺上纱布，饲育较多的蛆虫，既能防止水分过多，又利于蛆虫在锯屑中成蛹。

鲁贝扬斯基（Руьежанскии，1978）曾举一例，12 月份在黑海边距离约 300m 的山坡松林中发现一个人的颅骨、肩胛骨、髋骨、肱骨、桡骨、右股骨和跟骨以及部分衣物。这些骨骼在 20—30m 的范围内散在存在。鉴定要求解决是否死于 10—11 个月以前。检查见骨质潮湿如同被油浸过，质坚硬、重、呈灰白色略带褐色，发出腐败发甜和脂肪酸败的气味。在颅骨、肩胛骨、肱骨、锁骨、跟骨和右髋骨上的软组织已完全消失。仅在股骨头和左趾骨部有些呈褐色的肌组织和一小部带点毛发的变干的皮肤。骨质表面光滑，没有风化的痕迹，也没有骺部密实层缺损或其他破损的痕迹。骨髓已经消失。

这样，骨的外表所见显示比较新鲜，没有给出任何可供分析死亡时间的指征。检查颅腔注意到在其右半内面有一薄层变干的红褐色团块，其中有些鳞片和部分变干的长约 0.3—1cm 灰白褐色昆虫幼虫和径约 0.3cm 的暗褐色蝇蛹，以及一些成蝇残骸。在其他骨骼上也发现一些昆虫。

对于采集的一些甲壳进行昆虫学研究表明，一部分是绿蝇（Lucilia 属）的腹部和脚爪，襀翅虫目（Plecoptera）幼虫的蜕膜，两个皮蠹科甲虫的幼虫残骸，两个保存得很好的蝇蛹（Tachinidae 科）。由这些昆虫可以得出结论：尸体腐败开始时可能正是早春，根据是襀翅虫居住于黑海沿岸的河流以及流经松林地区的小溪中，在 3 月初或中旬由幼虫变成虫，以后成虫产出幼虫，幼虫在高耸于水中的石头上蜕皮。强风可将蜕下的皮吹到山坡上和遗骸中。其次，蝇的幼虫残骸和蝇蛹都表明，该人死后气候温暖，适于蝇类的繁殖。特别重要的是皮蠹科甲虫的幼虫残骸更具有证据的意义。这一科甲虫能吃光尸体的皮肤，但对肌肉和腱作用不大。表明是在早春飞出后就聚集于腐败的皮肤，因为它们偶然飞落在遗骨上是不可能的。

二、尸体的崩解

尸体的腐烂、崩解通常有以下一些影响因素：死亡的情况、尸体的既存条件、尸体所处的环境、温度、湿度、昆虫及其他动物侵袭等。在环境因素中，最值得注意的是土壤，它能提供许多重要的信息。例如，是原初埋葬还是二次埋葬；腐败速度的化学证据（酸性或碱性）；植物生长与昆虫作用；伴存的机械因素如水的渗入等。埋葬的深度很重要。季节的变换与温度变化的幅度也起相应的作用。

尸体埋葬在地下腐烂较快，尤其在夏季。土壤分析应着重湿度、酸度及含石灰质情况。湿性粘土、粘黄土、干性林间腐殖土和酸性沼泽地区都能加速埋葬尸体的崩解，而在石灰质性土壤中则崩解最慢。在干燥土壤中，如黑砂、腐殖土、砂质碎石、粘土碎石、黄土粘土等中的尸体经 6—7 年可能尚未完全崩解。在不渗水的湿性土壤中，这一时间可能延长到 9—10 年，甚或 15—20 年。土壤中含有藻类或腐物寄生菌可加速尸体组织的崩

解。

尸体在地下的腐烂速度还取决于以下 3 个因素：埋葬时的腐败情况、衣着的性质以及是否在棺木之中。考虑到上述各种条件，土中尸体的崩解（白骨化）所需时间大约为 2—10 年，有时为 10—30 年。

软组织的完全崩解近则需 3—5 年，而骨骼在土壤中发生变化最早也得在埋葬后 5—10 年，甚至 25 年。判断是否完全白骨化是靠肉眼的观察。白骨化的时间首先取决于周围环境的物理化学性质，这是必须予以注意的。

水中尸体的崩解主要取决于水的温度、深度、水流情况和食肉动物情况。有人报告，在南方夏季，水渠中尸体经约 4 年完全白骨化；在一河道中经两年而白骨化。在内陆池溏和湖泊中，尸体可能尸蜡化，持续保存 20—30 年；至股骨等骨髓腔中充满黑褐色易碎的尸蜡团块可需 50—60 年。

暴露在空气中的尸体，比土中及水中的崩解速度显著为快。在南方完全崩解约需时 1 年，到时露出的骨质有油腻感，部分皮肤可能干化。一般在温带，露置空气中的地上尸体完全崩解需时 3—5 年。如遭动物破坏，有的例子仅需 3—4 周。当然，在这些情况下，在骨骼上仍然可以看到一些残余的软组织，例如腐烂的皮肤、毛发、软骨和肌腱等。

为了近似估计死后时间，必须考虑的一个因素是死亡时的季节。如果时当晚春或夏季，则在人冬停止腐败之前，要遭受腐败菌、蛆虫、鼠类及其他动物长达几个月的破坏，加速其崩解的速度。若时当深秋或冬季，则可能在 4—5 个月的时间内很少受到外界的侵袭，几乎没有太大的变化。

三、骨质的崩解

骨质在地下的保存情况是各种各样的，这和土壤的性质有很大关系　在中性土壤中骨骼可能完全不受破坏。而在酸性土壤中，如所处环境热而湿，则骨质将在 25—100 年内崩解；如环境热而干，则在 100—500 年内崩解。如所处环境冷而湿，则在 50—200 年内崩解；若冷而干，则在 200—500 年内崩解。尸体所处的地表情况应给以适当估价。如地表有建筑物或柏油路则可使其少受气候的影响。保存在密闭的棺木中的尸骨可能历经许多世纪而很少受到破坏。

有人报告，在富于腐殖质的土壤中，遗骨的外层可在 50 年内剥落。长骨的表面如鳞片状，脆弱易碎；其关节端也发生腐烂。颜面骨崩解，仅剩牙冠尚保持完整。

Tappen (1976) 将骨骼放在楼顶上，观察骨质露置空气中所发生的变化。放置 1—2 年开始出现风化性龟裂，经 5—10 年变得更加显著。

如以骨骼上是否仍有韧带附着，脂肪及其它有机质的脱失速度作为估价死亡时间的指标，则在热而湿的气候条件下，地上尸骨需时 5—10 年；气候热而干燥，则可能永不腐烂。在冷而湿润的气候中，其腐烂速度与热而湿的情况一样。

对于骨质本身的腐烂速度，Warren（1979）曾就23具尸骨进行了观察，其结果是：

1年7个月　无侵蚀

3年1个月　左右尺骨远端、左右腓骨近端有侵蚀

3年3个月　脊柱受明显侵蚀，手指骨及足趾骨缺损

3年4个月　右桡骨及尺骨远端、两腓骨近端有侵蚀

4年9个月　肋骨、脊柱有侵蚀

5年1个月　长骨有侵蚀，肋骨、脊椎显著被侵蚀

6年3个月　埋在湿土壤中者全身长骨受侵蚀

6年10个月　肱骨的远端和近端受侵蚀并有植物生长的迹象。

从解剖组织学上看，骨质的崩解可有以下几种类型。

骨质高度脱钙但尚保有结缔组织网架，此型主要见于酸性的沼泽土壤中。在无机质进行性分解的同时，露出的结缔组织被鞣化，得以不被分解而保存下来。结果使骨质软化，在这种地方的骨骼常是变形的。

骨质脱钙并伴有有机成分崩解，此型见于湿性粘土地中，致骨质脆弱易碎，经过几个世纪，可能只留下些许痕迹。这一型的主要表现是骨质表面的剥落、缺失及凹痕与裂隙性破坏。此外，还常见骨髁的破碎消失，然后是整个骨骺破坏。与此同时，骨密质内层仍然坚硬，保存良好。其横断切片在镜下观察，见在受损的外层与完整的内层之间有间板的髓样分解（pulpy disintegration），而哈弗氏系统的中心仍保有骨界不大清楚的特殊层板。

骨质的无机成分转变为碳酸盐，其结缔组织原纤维逐渐收缩，此型见于砂碎石土壤，特别是含有石灰质的干燥土壤中。长骨的外表仍保持光滑。在多数情况下，经若干世纪，骨骺的松骨质破坏。结缔组织显微结构的破坏可经历1000—2000年，其逐渐增加的多孔性主要表现在哈弗氏系统的中心发生空泡样崩解(alveolar—like decomposition)。这一型的后期，外表仍然保持完整，但内部有机质的脱失更为明显，仿佛是锻烧过的材料，变脆易碎，更具多孔性，呈强碳酸盐反应。如受脱钙处理则骨质迅即破碎。

第二节　Berg遗骨死后时间推定程序

Berg s（1963）与其同工者Specht W通过对一百多具遗骨的研究，在法医人类学的研究史上首次提出一个系统的遗骨死后时间推定程序。采用排除法，由最长的可能时间向最短的可能时间逐步缩小时间范围。其方法和标准如下。

一、一般观察

（一）骨质的坚实度与重量

如果骨质很轻，长骨用手可以弄断，甚至用手指可以捏碎，用指甲搔划密实骨如同搔划粉笔，则该骨已超过1000年，很可能超过2000年。应当注意，外表上似乎保存很好的骨骼，如果内部已变得和粉笔一样的多孔性，表明是一种碳酸盐浸润性崩解。这一型骨骼已无法医人类学的意义。

如果不属于上述情况，可进一步做比重测定。由表面光滑的长骨上锯下一片骨密质，所用长骨最好是股骨，锯得要平整。然后称重，并投入水中测其体积。其密度为 g/cm^3 的商（15℃）。时间较近的标本，此值波动在1.7—2.2之间，主要与个体的年龄有关。化石骨及年代久远的骨骼，此值常在1.2以下。1.7是化石骨与有法医学意义骨的分界点。

（二）软组织残留情况

在长骨骨髓腔中如发现有黑褐色的腐烂残留物，表明是死后约50—60年。骨质表面附着有变干的肌组织无定形的残留物，表明是死后20年以内。

骨质表面或骨髓腔的壁层可因血色素崩解而产生的硫铁化合物发生斑点状变色（spotty discolouration），这种变色可持续存在几十年。但勿与矿物质长期浸染骨质相混淆，矿物质浸染所致的变色是弥漫性的，一致性褐色、红色或绿色。斑点状变色部行联苯胺试验，在死后12年以内者可呈阳性。

（三）外观缺损与衣物残片

骨骼外观有无缺损，情况是各种各样的。有的骨骼已经历几个世纪，外观仍保持完整；另有些例子，由于土壤类型不同，经过15—20年既已发生骨骺和骨干外层疏松化。应当注意在死后满15年以前出现的任何骨质缺损主要都是由动物破坏造成的。

上述观点同样适用于衣物的遗存情况。在许多情况下，伴葬的纺织品在4—5年内已消失殆尽。但也有的例子，经过30—50年仍见有衣物的残片。这种情况并非罕见，有时在古墓中也可见到。

二、物理—化学检测

（一）碳酸盐试法

向骨质的新切面上滴加数滴20%盐酸，如出现活泼的泡沫，表明骨质已出现石化或呈现多孔性碳酸盐浸润。如为年代较近的骨质，对本法只出现微弱的反应。

（二）紫外线—荧光反应

新制的骨密质横断切片，在紫外线灯下，如为较近年的骨骼，由于有机基质的存在而呈现强度的蓝紫色荧光。在埋葬后的头几年出现的脂肪浸润期，荧光有些减弱并变黄橙色。在年代久远的完全矿化骨，有时也呈现强度的荧光反应，但是纯白色或灰白色荧光。

新鲜骨的蓝紫色荧光减弱很慢，是与蛋白质的逐渐消失相伴行的。埋葬时间超过100年的尸骨，出现一个由内向外逐渐增强的灰褐色边缘带。在埋葬100—200年后，密实骨的中央蓝色荧光逐渐减弱，缩小呈岛状，周围发灰褐色荧光，或为白色无荧光活性区。

（三）靛酚与耐耳蓝的亲和性

随着荧光反应的减弱，骨质呈现一种对靛酚（indophenol）的亲和性逐渐减弱，对耐耳蓝（Nile blue）易染性逐渐增强的现象。在新鲜标本这一规律并不恒定；在10—100年的标本，则表现相当明显。

但本法后经Knight与Lauder（1969）验证，认为骨质对靛酚与耐耳蓝的亲和性与遗骨的保存时间并无任何相关关系。

（四）超声传导性

1. 方法　由股骨的骨密质锯取一长方形骨片，各面磨光并使之相互平行，边长2—3cm，厚度不少于3—4mm。用指头醮取丙酮溶胶在磨光面涂一薄层。回声探测器（echoscope）的石英板借一滴流动石蜡连通。骨质的超声速度（纵波速度＝V_L）是由测定射线照片上送出脉冲与返回脉冲的间距来确定的。

2. 结果　较新骨质的超声速度（V_L）大约为2 000—3 000（m/s）。在最初的一百多年，变化不大，随着骨质的进行性崩解，和充满空气的微腔不断形成，声音的传导性降低，即V_L值变小（表1—12—1）。

表1—12—1　骨质密度与超声速度

埋葬时间（y）	密度	超声速度 V_L（m/s）
0	2.04	2 700
3	1.79	2 500
10	1.95	2 250
14	1.85	2 100
20	1.98	2 200

续表

埋葬时间（y）	密度	超声速度 V_L（m/s）
24	1.99	2 100
36	1.85	1 900
44	2.32	1 800
56	1.81	2 100
127	1.69	1 600
200—500	1.91	1 400
900—1 000	1.83	1 250
1 200·	1.79	1 500
1 200—1 400	1.71	1 150
1 800—1 900	1.70	950
3 000	1.55	850
4 000	1.27	700
6000	1.30	700

（五）X 线结构分析

使用 X 线衍射摄影法确定无机骨质的化学与结晶形成可以区别近代骨与化石骨。在化石骨，其磷灰石成分中的碳酸盐部分被氟化物所取代，而后者随死后经过时间的延长而增加。磷灰石线在年代久远骨表现陡锐，如与有机质的相对比，则比新鲜骨更为明显。所有这些所见，也取决于遗骨存留处的性质，且重现性并不恒定。

（六）放射性同位素测定法

本法是测定不稳定的同位素^{14}C放射性衰变为^{14}N和^{12}C。同位素碳的比率在大气中是保持恒定的。有机体死后^{14}C以半衰期为 5730 年进行衰变。由于^{14}C的衰变过程缓慢，只适于测定年代久远骨，对在刑事案件中有意义的 20—30 年内骨是没有意义的。

三、组织学的检查

（一）骨密质的结构变化

在以前所述各项检查得不出被检骨是否近代骨的结论时，则组织学的检查将有所帮助。

1. 方法　锯取密实骨约 5mm 厚的一片，用 8％硝酸脱钙。较新骨需 2—3 天，骨质越陈旧所需时间越短，近似化石骨仅需数小时。冰冻切片，苏木素染色（可省略），甘油

包埋，偏光镜下检查。

2. 观察　年代久远骨显示空泡性崩解或硬壳化（encrustation）和进行性丧失光学活性；而近年骨则显示连续的板层系统和放射状双屈光的骨单位区。

（二）脂肪逾越

脂肪逾越（fat transgression）指的是骨髓腔中脂肪尸蜡化，同时在哈弗氏系统的管道中也发现尸蜡侵入。由于尸骨所处的环境不同，骨髓可完全转化为尸蜡，也可干化形成无定形的黑褐色碎片。骨髓中脂肪弥漫性侵入骨密质的现象可持续存在数十年，因此如在骨质横断面用放大镜观察到小白点状尸蜡化残留物，或在偏光显微镜下观察到哈弗氏管中有侵越的脂肪或尸蜡残留物，可以推定遗骨不超过50年。股骨的骨髓腔中完全充满尸蜡仅见于埋葬后30年以内。老年人的骨质保存尸蜡时间更长一些。在牙髓腔中以及肱骨骨骺的松骨质中见有尸蜡也有同样的意义。如果在骨骺中发现的脂肪侵越最为明显，则遗骨不超过10年。

尸蜡与无机质的根本区别在于有明确的光学表现：紫外光下显淡黄色荧光，偏光镜下有强双屈光性。

四、血清蛋白沉淀反应

用抗人血清蛋白沉淀素与人的骨粉浸出液（生理盐水浸出24小时）行环状沉淀反应，其结果因遗骨的存留时间不同而骨粉的用量亦异。据胡炳蔚（1959）试验，入土1年者只需1g，12年者需1.5g，26年者需2.5g。

通常，地上尸骨比土中尸骨用骨粉量大：地上9个月需1.8g，9年需8.0g，40年需20.0g。而土中100年才需10—20g。

骨质中的脂肪可影响沉淀反应，最好先用乙醚、丙酮等有机溶剂除去。如土中11年骨，用丙酮处理后仅0.5g即呈阳性，而未处理者为阴性（藤井，村上）。

为了推定死后时间接近真实，本实验应取已知埋葬时间骨作对照。

五、Berg 程序的应用

Berg在总结其全部程序时认为，骨质的光学形态学检查结果比物理化学检查结果更为可信。其结果如表1—12—2。

Berg对抗人血清蛋白沉淀反应的估价比较粗略，仅反应强者在20年以内，反应延迟而弱者遗骨存留约50年，50年以上则反应阴性。因此表1—12—2中未列入沉淀反应这一指标。实际上，与表中各项指标相比，不论对10年以下或以上遗骨，沉淀反应都有不可忽视的应用价值。

表 1—12—2　　Berg 程序推定遗骨死亡时间

埋葬时间（年）	坚实度	荧光反应	骨髓尸蜡化	髓腔内容物	软组织残留	脂肪逾越
0—10	+	+	+	+	+	+
10—20	+	+	+	+	+	−
20—30	+	+	+	+		−
30—50	+	+	+	−	−	−
50—100	+	+	−	−	−	−
100—500	+	(+)	−	−	−	−
500—1000	(+)	−	−	−	−	−
1000—	−	−	−	−	−	−

Castellano 等（1984）就 1—50 年尸骨研究了 Fe、Zn、P、Mg、脂质、胆固醇、甘油三酯、脂酸和蛋白质的含量变化，用逐步回归分析法确定了与遗骨埋葬日期密切相关的因素主要是蛋白质（X_1），其次是甘油三酯（X_2），所得回归方程如下：

$$Y=36.7998-50.0067\log X_1$$

$$Y=36.0678-56.9910\log X_1+4.6048\log X_2$$

式中 Y 为估计的埋葬时间（年）。X_1 及 X_2 均按（mg/100mg 骨粉）计。两式的相关系数分别为 0.9761 及 0.9786，即遗骨时间的推定主要依据蛋白质含量的减少。其标准估计误差在式（1）为 3.49，在式（2）为 3.34。

第三节　鲁贝扬斯基（Рубежанский）的遗骨死后时间推定

一、主要方法

（一）肉眼观察

首先是骨在土壤中随埋葬时间的增加而发生颜色的变化。为此有人建议使用标准色列判定骨的颜色。骨的颜色变化作为一种重要的定向方法有相对的价值。其受土壤的性质影响较大。

骨质的风化现象是一个较为重要的指标。风化的程度常随埋葬时间的增加而加强。在长管状骨，这一现象最常见于干骺端。风化的深度可用标准的显微镜用测深计测量。

与骨的坚实度有关的一个指标是骨密质层的缺损，常见于长管状骨的骺端。这种缺损有规律地出现于骨骺的一定部位，并随时间的增加，缺损的面积增大，形状也发生变化。检查时可先向缺损部撒上铅粉，然后用胶带粘取，用刻有尺度的透明有机玻璃板计测其而积。

（二）实体显微镜观察

借助实体显微镜可进一步观察骨的颜色，骨质表面所附油脂的颜色，骨质表面破坏的性质以及横断面上骨密质的状态。

横断面观察可以发现骨密质的矿化情况。通常在埋葬时间为5年以内的尸骨，呈与石蜡相似的无定形、半透明灰白色实体。此后，随时间的增加，由骨表面起逐渐变疏松。

骨髓腔中如尚有骨髓残留，应注意观察网状组织改变的性质。

（三）发射光谱检查

借助发射光谱观察骨组织的化学成分发现，不同年龄、不同部位的骨组织中P、Mg、Ca、Fe、Al、Cu、Na、Ti、Sr、Ni、Si、B及V等原素组成都是恒定的。不同年龄人的骨质元素含量没有本质的差异。但不同骨及同一骨的不同部位（如骨骺、干骺端、骨干）某些元素的含量可有不同的组成。因此光谱分析时，应以同一骨的相近部位为对照。

鲁贝扬斯基等将本法用于推定死后经过时间，是基于骨骼在土壤中不断有微量元素侵入并蓄积于骨质中，测量这些元素将有助于推定遗骨的死后时间。

（四）汞溴酚蓝染色法

汞溴酚蓝染色法（mercury bromophenol blue stains，MBPB）是用以检出蛋白质的方法。在人的骨质中，除脂肪外，含有约12.4%的有机物质，其中主要是蛋白质，包括胶原纤维蛋白和骨拟蛋白（骨粘蛋白）等。随着埋葬时间的增加，这些蛋白质的含量逐渐减少，用本法可以定量地测定骨质中的蛋白质含量，以有助于推定遗骨的埋葬时间。

锯取环状骨片研磨成骨粉，过筛（孔径0.5mm）。空气中使干至恒量，105℃干燥箱中使干。取其0.1g，置于末端熔闭的柱形玻璃漏斗中。向其中加人过量的下述试剂：

溴酚蓝　0.2g
升　汞　10g
冰醋酸　20ml
蒸馏水　980ml

骨粉上应预先铺盖一层滤纸。染色2小时。将漏斗的熔闭末端折断，用2%醋酸将留存的未结合试剂洗出。已吸附的染色剂用0.01mol NaOH洗脱1小时。洗液用光电比色法定量。

（五）超声波脱钙法

骨质中含有大量无机钙盐，约占骨质总量的21.85%。其中含85%磷酸钙，0.3%氟化钙，0.2%氯化钙，10%碳酸钙。钙盐以结晶的形式存在，沿胶原纤维的长轴排列并沉

积于其间，以加固胶原纤维之间的连结。早在本世纪之初就已注意到为制备骨组织切片进行脱钙，在埋葬骨所需时间要比新鲜骨为短。这是由于土壤中不断有各种有机酸乃至矿酸形成的结果。

用通常的脱钙法至少需时 12 小时以上乃至数昼夜，而且难于确定完全脱钙的时间。使用超声波发生器不仅能加速脱钙，而且能借分部定量法准确判断完全脱钙的时间。

为发挥最大的超声效应，可取一烧杯，将杯底截下，包以一层薄橡胶膜（外科手套）。其中加 25ml 7%盐酸。将被检骨（股骨粗隆水平的横断片，厚约 1.7mm）放于杯底。注意务使超声辐射器的直径与被检骨的直径相符。

用于脱钙的薄骨片，须用测微计测其厚度。为得到这样薄的骨片，可借助研磨机，注意切割的厚度应均匀一致。

杯中的盐酸溶液最初应每 25 分钟换一次，以后每隔 5 分钟换一次。所得的溶液用于钙含量的测定。钙分析得阴性结果指示脱钙结束。

最好每骨取 3 个骨片用于测定。取其用于脱钙时间的均值作为推定遗骨死后时间的依据。

二、腐植质少的黑土区遗骨死后时间的推定

黑土即黑钙土，为半干旱草原地带发育而成的暗黑色土壤。以欧亚大陆分布最广。在我国主要分布于东北松辽平原、内蒙古东部和西北少数地区。

本研究所调查的 150 具尸骨主要存在于 80—120cm 深黑色土区中，埋葬时间为 2—38 年，已无软组织、韧带和软骨。仅在个别的埋葬 11—12 年的尸骨，其关节周围尚可见有少部分灰黑色易于刮掉的薄层软组织。可以认为埋葬 2—3 年的尸体，不仅软组织，连韧带和软骨都已完全崩解。

（一）肉眼观察

埋葬不同时间的尸骨可呈现不同的颜色，而同一时间则色调一致。如表 1—12—3 所示，埋葬后 2—3 年的遗骨呈沙土色和暗砂土色；经 20—25 年呈褐色和深棕色，浓淡有所差异；经 38 年则变为灰棕黄色。

表 1—12—3　　埋葬不同时间的尸骨颜色

埋葬时间（年）	尸体例数	尸骨数	骨质颜色
2	3	25	由沙土色至暗沙土色，有的伴淡白色和淡黄色调
3	17	219	沙土色，暗沙土色，伴淡黄色和黄褐色调
4	9	87	由淡褐色至污褐色伴淡白色调
5	2	8	由淡褐色至棕褐色伴淡黄色调

续表

埋葬时间（年）	尸体例数	尸骨数	骨质颜色
6	5	44	污褐色—淡黄色伴黄绿灰色调
7	3	24	由淡褐色至棕褐色伴烟色调
8	5	52	淡褐棕色伴浓烟色调
9	5	47	污褐色伴淡灰色调
10	7	114	淡褐棕色伴淡灰黄色调
11	7	64	淡棕色伴淡黄色调
12—14	8	66	棕褐色伴灰黄色调
15—17	18	87	烟褐色伴淡黄至金黄色调
18—25	19	156	褐色伴淡橙金黄色调
38	40	661	灰棕黄色伴金黄色调

埋葬20年的遗骨表面常无明显变化，仅见密实骨的粗糙表面在8—10年后逐渐变光滑，好像漆过的一样。但埋葬38年骨有明显的表面改变：在长管状骨及其他骨的骺端骨密质缺失；各个骨的表面显示均一的风化现象，破裂的深度不超过1mm。

遗骨是否保存于棺木中，其眼观的变化有明显的差异。在棺木中存在6年以上的尸骨，表面呈淡黄褐色，广泛附着有容易刮下的灰黑色变干的软组织，其骨密质无改变。在棺木中存在34年的尸骨与直接存在于土壤中20年的尸骨表现一样，既无风化现象，也无骨密质的缺损。

（二）实体显微镜观察

在土壤中存在2年的尸骨呈金黄—淡黄色，经4—6年者呈金黄—淡棕色，以后呈淡褐色。埋葬9—10年的尸骨呈淡褐色—栗色；11年，呈金黄色；13—17年以上，淡黄褐色；38年，灰褐色—黄色。

骨质外表的油脂样光泽，在埋葬7—8年后的遗骨逐渐减弱，经15—17年后完全消失。埋葬7—8年后的尸骨表面变光滑，以后发亮，经约11—12年以上表面如同抛光样。

土中存在11年的尸骨，其密实骨表面开始破坏，初呈特有的剥皮样小缺损，以后缺损增大、增多。与此同时，常伴有纵行裂隙，初表浅而单一（埋葬12年者），继变深且频发（埋葬17年后尸骨）。

以股骨为例，埋葬不同时间后的实体显微镜所见如表1—12—4。

表 1—12—4　　股骨表面的显微镜下所见

埋葬时间(年)	颜色	骨密质层外观	横断面骨密质层所见
2	金黄－淡黄色伴有油脂样光泽	保持完好，有疏松感	无定形、半透明、灰白色，全层如同石蜡
3—4	由金黄－淡黄色至金黄淡棕色，伴油脂样光泽	同上	同上
5—6	同上	保持完好，疏松感减弱	同上，但表层发暗
7—8	淡褐色，油脂样光泽减弱	保持完好，疏松感消失，有的如磨光状光滑	同上。
9—10	淡褐－栗色，油脂样光泽减弱	同上	表层 1mm 半透明感明显减弱，或完全消失；色淡白，有疏松感
11—12	金黄色或栗褐色，仅略有油脂样光泽	光滑、发亮如磨光状；有小剥皮和单一浅裂隙	表层 1mm 淡红－淡白色，有疏松感
13—17	金黄－褐色，微有油脂样光泽	同上	同上，但淡红色渐消失
18—20	同上，油脂样光泽消失	各视野均见浅裂隙及剥皮部分	同上
20—25	同上	同上	同上
38	淡灰褐－黄色	肉眼可见表面破坏	表层 1.5mm 淡白－黄色，疏松感，下层如石蜡状

（三）发射光谱分析

遗骨的发射光谱分析结果表明：(1) 埋葬时间不同，但处在性质同一的土壤中，个别微量元素的含量是不同的；(2) 处在不同性质的土壤中，埋葬时间相同，某些微量元素的含量也有显著的差异。如随着埋葬时间的增加，土中尸骨的 Si、Al、Fe 和 Mn 的含量增加，而 Mn 在新鲜尸骨中是测不出的。

存在于非黑土区土壤中的尸骨，其微量元素含量与黑土区中尸骨是有差别的，并可测出其它种类的微量元素。例如，埋葬于草土碳酸盐土壤中的尸骨可检出较多量的 B 及 Ti，但较少量的 Cu 和 Mn。埋葬于含腐殖质多的碳酸盐土壤中的尸骨，可检出多量的 Cu、Ti 特别是 Fe，和微量的 Ag。而埋葬于碳酸盐性的腐殖质少的黑土区中尸骨，可检出多量的 Br 和 Cr。

为了由微量元素的含量变化推定死后时间，应根据分析的结果计算下述各项元素含量的比值：Ca/Al、Ca/Si、Ca/Mn、Sr/Na。以新鲜尸骨的结果为对照。随着埋葬时间的增加，Al、Si、Mn 及 Sr 的含量也逐渐增加。如新鲜骨 Ca/Al 的比值为 35.43，则埋葬了 3—4 年骨为 25.62，9—10 年骨为 12.36 等。这些指标是高度可信的，但新鲜骨与埋葬 2 年以内骨不能区别（表 1—12—5）。

表 1—12—5　　不同埋葬时间骨的微量元素比值变化

埋葬时间（年）	比值（K）±标准误			
	Ca/Al	Ca/Si	Ca/Mn	Sr/Na
新鲜骨	35.43±0.809	5.66±0.174	0.0	0.54±0.054
2	26.33±1.000	5.32±0.135	2.32±1.189	0.52±0.028
3—4	25.62±1.019	4.91±0.090	3.18±0.493	0.58±0.049
5—6	18.00±1.094	3.90±0.137	1.81±0.335	0.61±0.094
7—8	14.73±0.633	3.25±0.136	1.41±0.102	0.62±0.097
9—10	12.36±0.726	2.94±0.077	1.36±0.265	0.67±0.074
11—12	12.14±0.643	2.73±0.191	1.71±0.254	0.71±0.074
13—17	7.94±0.305	1.65±0.036	1.26±0.126	0.75±0.044
18—20	6.11+0.105	1.31±0.057	1.77±0.280	0.92±0.054
38	3.78±0.189	1.17±0.034	1.12±0.056	0.79±0.041

（四）汞溴酚蓝染色法

用汞溴酚蓝染色法可以测得骨质中蛋白质含量随埋葬时间的增加而减少（表 1—12—6）。其可信时间在±2 年内。

表 1—12—6　　MBPB 法洗脱液的光密度

埋葬时间（年）	均值±标准误	P 值
新鲜	0.378±0.0024	〉<0.01
2	0.269±0.0039	〉<0.05
3—4	0.256±0.0015	〉<0.01
5—6	0.237±0.0019	〉<0.01
7—8	0.220±0.0022	〉<0.01
9—10	0.204±0.0022	〉<0.001
11—12	0.190±0.0009	〉<0.001
18—20	0.172±0.0014	〉<0.001
38	0.125±0.0013	

（五）超声波脱钙法

骨质用超声波脱钙所需的时间，随遗骨的埋葬时间增加而减少（表 1—12—7）。但在新鲜骨与埋葬 2 年骨间差别不显著。其可信时间在±2 年以内。

表 1—12—7　　　　超声波脱钙所需时间　　　　(min)

埋葬时间(年)	均值±标准误	P值
新鲜	290.00±2.62	
		>0.05
2	276.00±3.00	
		<0.05
3—4	254.25±3.30	
		<0.001
5—6	212.40±2.77	
		<0.01
7—8	195.00±2.07	
		<0.02
9—10	184.38±1.38	
		<0.05
11—12	178.60±1.36	
		<0.01
13—17	165.80±1.00	
		<0.01
18—20	155.10±2.06	
		<0.001
38	130.70±1.54	

三、草质碳酸盐土壤中遗骨死后时间的推定

草质碳酸盐土壤有在泥灰岩（属碳酸盐沉积层）基础上形成的，也有在山地形成的。泥灰岩基础上的草质碳酸盐土壤见于沿海缓缓倾斜的阶梯地带。由 3 个水平构成。水平 A（0—30cm）为黑灰色；水平 B（30—60cm）为暗灰褐色；水平 c（60—110cm）为淡灰或污秽白色。本调查所涉及的 61 例尸骨均位于 100　110cm 的土层中，埋藏时间为 12—20 年。一般坚实、干燥，无软组织、韧带及软骨残留。

山地草质碳酸盐土比泥灰岩性者碱性为强（pH8.3），湿度较大。17 具尸骨位于 110—120cm 土层中，埋葬时间为 11—22 年。埋葬 15—22 年者，通常无软组织附着；而埋葬 11 年者，在脊柱及骨盆中可见有湿润的尸蜡，与尸体接近土中水分有关。

（一）肉眼观察

不同时间埋葬骨的颜色改变如表 1—12—8 所示，即不同时间的埋葬骨颜色有一定差别，而同一时间埋葬骨颜色大体相同。致于埋葬时间相近的骨骼，颜色的差别不明显。

在泥灰岩草质碳酸盐土中经 12－16 年的遗骨，既无风化现象，也无骨密质的缺损。17 年以后，可出现较显著的骨密质缺损，特别是埋葬 20 年的遗骨，其缺损程度可与黑钙土中埋葬 38 年的遗骨相似。

存留于棺木中的 17－18 年遗骨呈褐棕色，没有骨密质风化与缺损现象。

在山地草质碳酸盐土中经 15 年的遗骨，长管状骨骺端即可出现骨密质的小裂隙，尤其是股骨的上髁。15 年以上的遗骨，在扁平骨的骺部和缘部可出现骨密质的缺损。软组织可呈尸蜡样保存 11 年以上。

表 1—12—8　尸骨颜色的变化

埋葬时间（年）	例数	骨数	尸骨颜色
		泥灰岩草质碳酸盐土	
12	8	32	灰棕色，有时伴有少见的小白斑
13	3	20	灰棕色
14—15	17	183	淡棕褐色伴有小黄斑
16	8	89	灰黄色带红紫色调
17	1	5	淡黄棕色
16—18	8	48	淡褐－淡红黄色
20	16	69	淡黄色带淡棕色调，有时有少见的淡栗色斑
		山地草质碳酸盐土	
11—15	2	18	灰－淡棕色
17	1	10	灰白带淡棕色调
18—20	6	82	灰白色
21—22	8	34	淡灰－栗色

（二）实体显微镜观察

在泥灰岩草质碳酸盐土中经 12—15 年的股骨呈淡黄棕色；经 16—20 年，呈淡黄灰色和棕褐色。埋葬 12 年的遗骨有明显的油脂样光泽，以后逐渐减弱，经 16 年者完全消失。

这一期间可出现骨密质层的显微镜下小裂隙，小剥皮以及骨干的裂隙。这些骨质破坏的指征在埋葬 18—20 年骨最为明显。在埋葬 12—15 年骨肉眼观察可见骨质变光滑、发亮，但无明显风化现象；而在显微镜下观察股骨头，却可见骨密质层有明显的小裂隙。

对股骨的横断面观察，埋葬 12—15 年骨由表面起始的矿化层可达 0.6—0.8mm 厚；埋葬时间更长者，可达 1—1.5mm。骨髓腔中肉眼即可看到有暗褐色粗糙而干燥的绳网状结构。

在山地草质碳酸盐土中经 11 及 15 年的尸骨呈淡黄棕色；17 年者呈淡黄灰色，再后呈淡黄－金黄色。表面有油脂样光泽。15 年以上骨在骺端和骨干骨密质可见小裂隙。肉眼观察各种埋葬时间骨均未见有风化现象。横断面骨密质层为淡白灰色无定形块，仅在埋葬 21—22 年骨勉强可见极薄的疏松化部分，失去原有的石蜡样外观。在埋葬 11 及 15 年骨骨髓腔中常充塞以淡白灰色疏松粉末状团块。在其余的埋葬时间骨，则见有暗棕色粗糙的绳网状结构。在埋葬 22 年骨的横断面也未见有矿化现象。

（三）发射光谱分析

不论埋葬在泥灰岩或山地的草质碳酸盐土中，遗骨的 Ti 含量均随埋葬时间的增加而增加。分析时取 Ca/Ti 含量的比值，可见随埋葬时间的增加而减少（表 1—12—9）（$P<0.05$）。

表 1—12—9　　不同埋葬时间的 Ca/Ti 比值

泥灰岩土		山地土	
埋葬时间（年）	Ca/Ti 比值	埋葬时间（年）	Ca/Ti 比值
新鲜	12.06±0.585	新鲜	12.06±0.585
12—13	6.37±0.321	15—18	4.40±0.460
14—15	4.66±0.083	18—20	2.40±0.153
16—17	3.58±0.131	21—22	1.53±0.169
18—20	2.15±0.159		

（四）汞溴酚蓝染色法

不论泥灰岩土或山地土，用 MBPB 法均可测得蛋白质含量的变化（表 1—12—10）。

表 1—12—10　　MBPB 法洗脱液的光密度

泥灰岩土		山地土	
埋葬时间（年）	均值±标准误	埋葬时间（年）	均值±标准误
新鲜	0.378±0.0024	新鲜	0.378±0.0024
12—13	0.236±0.0016	15—17	0.235±0.0005
14—15	0.225±0.0012	18—20	0.199±0.0047
16—17	0.212±0.0008	21—22	0.188±0.0015
18—20	0.182±0.0020		

（五）超声波脱钙法

在泥灰岩草质碳酸盐土中埋葬骨，随埋葬时间的增加，其超声波脱钙所需时间缩短（表 1—12—11）。

表 1—12—11　超声波脱钙时间（分）

埋葬时间（年）	均值±标准误
新鲜	290.00±2.62
12—13	208.50±1.48
14—15	179.60±4.09
16—17	141.30±2.15
18—20	122.10±3.49

四、碳酸盐—腐植质少的黑土中遗骨死后时间的推定

碳酸盐—腐植质少的黑钙土常见于覆被草原植物的平原地带。由 A、B 二个水平构成。水平 A（0—48cm）为暗灰色带棕色调；水平 B（48—142cm）为淡灰栗色。含碳酸盐的黑钙土特点是高度的多孔性和湿度大。所调查的遗骨大都埋葬在 100—120cm 深处，通常表现坚实而重，无软组织、韧带及软骨附着。

（一）肉眼观察

遗骨的颜色如表 1—12—12 所示。

表 1—12—12　不同埋葬时间的遗骨颜色

时间（年）	例数	骨数	骨质颜色
10—12	11	187	淡红黄色—淡褐色带有小的灰白色斑
13	5	106	淡棕色—橙色带有小的灰白色斑
14	3	60	淡黄—淡红黄色或暗的沙土色带黄色调
15	3	72	烟色—褐色或暗的沙土色带黄色调
16—17	15	280	污褐黄色
21	4	27	苍白黄色带有大的淡棕色斑
31	11	166	苍白黄色带浅灰—灰色斑

通常骨质表面无风化痕迹。仅在死亡时年龄在 50 岁以上，埋葬 16 年的尸骨，其长管状骨的骺端可见单一的骨密质层小裂隙。埋葬 31 年骨，在骺端可见骨密质缺损。

（二）实体显微镜观察

埋葬 10—12 年骨，呈淡黄白色；13—17 年以上骨，金黄—淡棕色或金黄—淡黄色。埋葬 20 年骨尚可见有明显的油脂样光泽，以后则消失。埋葬 10—17 年骨，骨干表面发亮而光滑。仅在埋葬 16—17 年以上骨，其股骨头骨密质可见有小裂隙。其横断面骨密质如石蜡状，未见有矿化的指征。骨髓腔壁附着有小的粗糙而干的暗棕色绳网状结构。

（三）发射光谱分析

因埋葬时间不同可有Ca/Al与Ca/Si比值的变化（表1—12—13）。在此类土壤中，死亡时在21岁以上，埋葬10年以上，在其遗骨中特别有容易沉积Al及Si的倾向。

表1—12—13　　不同埋葬时间骨Ca/Si及Ca/Al比值的变化

时间（年）	Ca/Al	Ca/Si
新鲜	35.43±0.809	5.66±0.174
11—12	11.03±0.341	1.92±0.043
13—14	8.07±0.373	1.62±0.288
15—17	2.96±0.265	1.21±0.108
21—22	2.84±0.076	1.21±0.026

（四）汞溴酚蓝染色法

用MBPB法测得不同埋葬时间遗骨蛋白质含量变化如表1—12—14。其可信范围在±2年以内。

表1—12—14　　MBPB法洗脱液的光密度

埋葬时间（年）	均值±标准误
新鲜	0.378±0.0024
10—12	0.183±0.0024
13—14	0.169±0.0021
15—17	0.130±0.0018
21	0.121±0.0024
31	0.113±0.0015

（五）超声波脱钙法

超声波脱钙所需时间因埋葬时间增加而缩短（表1—12—15）。

表1—12—15　　超声波脱钙时间（分）

埋葬时间（年）	均值±标准误
新鲜	290.00±2.62
10—12	202.50±2.41
13—14	191.50±1.78
15—17	175.00±2.82
21	146.50±1.51

第四节　根据牙的死后变化推定埋葬时间

为了推定遗骨的死后时间，格拉亚（Гаража НН，1984）在前人研究的基础上，提出了就牙齿用肉眼观察、实体显微镜的表面观察、显微镜的组织学检查、电镜的超微结构观察、牙釉质与牙本质的发射光谱分析以及牙的硬度测定等方法，进行综合分析来做出判断。

为了便于分析和应用，Гаража 采用四位数字法表达所用的方法与观察的结果：

前二位数字：

01：肉眼观察　　02：实体显微镜观察

03：显微镜观察　　04：电镜观察

后二位数字：牙组织崩解的特征

一、人牙结构与理化性质死后变化的分类

（一）牙的形态变化

1. 肉眼观察

（1）牙骨质的颜色变化：淡白砂土色（01.01）、淡白一砂土一核桃色（01.02）、杏黄色（01.03）、釉质色素沉着（01.04）；

（2）牙骨质色素沉着（01.05）；

（3）釉质表面混浊（01.06）；

（4）牙骨质网状裂隙（01.08）；

（5）釉质由牙本质上剥离（01.09）；

2. 实体显微镜观察

（1）釉质表面微裂隙：纵行裂隙（02.01）；横行裂隙（02.02）；

（2）牙骨质表面微裂隙（02.03）；

（3）牙骨质表面显微侵蚀（02.04）；

（4）牙釉质表面显微侵蚀（02.05）；

（5）釉质由牙本质上剥离（02.06）；

3. 显微镜观察

（1）牙髓崩解（03.01）；

（2）前牙本质结构破坏，前牙本质与牙本质间界破坏（03.02）；

（3）牙本质小管壁破坏（03.03）；

（4）小球间牙本质崩解伴有球形结构与腔隙的形成（03.04）；

（5）髓周牙本质崩解伴有以下结构形成：球形结构（03.05）、小块状结构（03.06）、

颗粒状结构（03.07）、均质状结构（03.08）、个别的小腔状结构（03.09）、多发的小腔状结构（03.10）、个别的大腔状结构（03.11）、多发的大腔状结构（03.12）、围绕髓腔的索圈形破坏（03.13）；

（6）外层牙本质崩解伴有以下结构形成：球形（03.14）、小块状（03.15）、颗粒状（03.16）、均质状（03.17）、个别的小腔状（03.18）、多发小腔状（03.19）、个别的大腔状（03.20）、多发的大腔状（03.21）；

（7）牙本质微小裂隙（03.22）；

（8）牙骨质崩解，其中出现融合性小腔（03.23）；

（9）牙骨质微小裂隙（03.24）；

（10）牙骨质本质界逐渐消失（03.25）；

（11）牙骨质由牙本质上剥离（03.26）；

4. 超微结构观察

（1）釉质棱柱间界展平，清晰度减弱（04.01）；

（2）釉质晶体间界展平，清晰度减弱（04.02）；

（3）釉质晶体破坏（04.03）；

（4）出现釉质的超微侵蚀（04.04）；

（5）牙本质晶体间界展平，清晰度减弱（04.05）；

（6）牙本质晶体破坏（04.06）；

（7）牙本质小管轮廓破坏（04.07）；

（8）小管周围过度钙化带边缘不清乃至消失（04.08）；

（9）出现牙本质基质的超微侵蚀（04.09）

（二）牙的化学组成变化（光谱分析指标）

1. 釉质中的原素比系数　Sr/Cu、Mn/Cu、Ca/Mn。

2. 牙本质中的原素比系数　Sr/Na、Sr/Mg、Sr/Cu、Ca/Na、Ca/Mn。

（三）牙的化学组成变化（硬度计测指标）

1. 釉质的显微硬度　表面硬度、全层硬度及釉牙本质界硬度。

2. 牙本质的显微硬度　全层硬度、髓腔周围硬度。

二、死后经过不同时间的人牙结构与理化性质变化

根据上述观察指标，格拉亚就埋葬在腐殖质少的厚黑（钙）土层中的20—49岁尸体（未提示例数与性别）进行了观察，其结果如表1—12—16及1—12—17。

表 1—12—16　　牙死后变化的形态观察

埋葬时间（年）	牙组织结构的死后变化
2—5	01.01，01.02，01.07，02.01，02.03，02.04，03.01—03.09，03.14—03.18，03.22，03.23，04.01，04.02，04.07，04.08
6—10	01.01—01.03，01.07，02.01，02.04，03.03—03.09，03.14—03.18，03.22，03.24，04.01，04.02，04.07，04.08
11—15	01.01—01.03，01.07，02.03，02.03，02.04，03.03，03.06—03.18，03.22，03.24，04.01，04.02，04.05—04.09
16—20	01.01—01.05，01.07，02.01，02.03，02.04，03.03，03.06—03.20，03.22—03.26，04.01，04.02，04.05—04.09
30↑	01.01—01.09，02.01—02.06，03.03，03.06—03.13，03.15—03.26，04.01—04.09

判断埋葬时间时，可取一些主要指标进行综合分析：

2—5 年　牙骨质呈淡白砂土色（01.01），牙髓崩解（03.01），前牙本质结构破坏、前牙本质与牙本质间界破坏（03.02），牙本质小管轮廓破坏（04.07），小管周围过度钙化带边缘不清乃至消失（04.08）。

表 1—12—17　　牙理化性质的死后变化

	埋葬时间（年）				
	2—4	6—10	11—15	16—20	30↑
釉质原素比系数					
Sr/Cu	2.89±0.22	3.67±0.30	4.47±0.32	4.36±0.60	4.47±0.26
Mn/Cu	1.43±0.12	1.55±0.13	1.97±0.15	1.74±0.20	2.16±0.18
Ca/Mn	1.45±0.08	1.60±0.12	1.42±0.09	1.47±0.19	1.47±0.16
牙本质原素比系数					
Sr/Na	2.24±0.25	4.15±0.16	5.15±0.17	6.00±0.17	9.26±0.69
Sr/Mg	1.99±0.16	2.96±0.13	3.33±0.30	3.64±0.36	6.17±0.99
Sr/Cu	3.28±0.39	5.06±0.30	5.56±0.33	6.05±0.68	6.93±0.68
Ca/Na	1.56±0.17	2.61±0.11	2.93±0.11	3.18±0.18	4.60±0.26
Ca/Mn	1.88±0.50	3.14±0.49	1.86±0.37	2.78±0.75	2.84±0.64
釉质显微硬度（kg/mm^2）					
表面	366.6±2.18	350.3±1.01	334.0±1.28	320.2±1.47	301.9±2.60
全层	363.0±2.48	349.6±5.30	337.9±3.52	321.1±5.31	296.5±5.74
牙本质显微硬度					
全层	68.7±3.81	66.6±3.52	62.5±3.44	61.5±4.24	56.3±2.86
髓腔周边	35.6±1.75	34.2±2.72	31.5±3.46	30.8±2.58	29.4±1.74

6—10 年　牙根淡白砂土色（01.01），髓腔中查不出牙髓的崩解产物（03.01），前牙本质已不存在（03.02），牙本质小管壁破坏（03.03），小球间牙本质崩解伴有球形结构

与腔隙的形成（03.04）。

11—15 年　牙根呈淡白—砂土—核桃色（01.02），髓周牙本质中形成多发小腔和大腔状结构（03.10，03.12），髓腔周边牙本质索圈形破坏（03.13），牙本质晶体间界展平、清晰度减弱（04.05），牙本质晶体破坏（04.06），出现牙本质基质的超微侵蚀（04.09）。

10—20 年　牙根呈杏黄色（01.03），出现釉质色素沉着（01.04）和牙骨质色素沉着（01.05），外层牙本质中出现多发的小腔状结构（03.19）和个别的大腔状结构（03.20），牙骨质崩解，其中出现融合性小腔（03.23），牙骨质本质界逐渐消失（03.25），牙骨质由牙本质上剥离（03.26）。

30 年　牙根杏黄色（01.03），釉质表面混浊（01.06），牙骨质网状裂隙（01.08），釉质由牙本质上剥离（01.09），釉质表面有横行的微裂隙（02.02），釉质表面显微侵蚀（02.05），釉质由牙本质上剥离（02.06），外层牙本质中多发大腔状结构形成（03.21），釉质晶体破坏（04.03），出现釉质的超微侵蚀（04.04）。

在理化性质的死后变化中，与埋葬时间有明确关系的是牙本质原素比系数（Sr/Na、Sr/Mg、Sr/Cu 和 Ca/Na）和釉质表面的乃至全层的显微硬度的变化。在推断死后时间时，如将这些定量指标与前述的定性指标并用，可以提高推断的准确性至±2 年。

（贾静涛）

参 考 文 献

1. Berg S. The determination of bone age. Method of Forensic Science. Vol Ⅱ. 1963：231—252.
2. 胡炳蔚。骨骼检查。实用法医学（郭景元主编）。上海科技出版社。1980：649—652。
3. Рубежанский АФ Определение по костным останкам давности захронения трупа. Москва：Медицина. 1978：19—113.
4. Krogman WM, Iscan MY. The human skeleton in forensic medicine. Springfield：C. C. Thomas. 1986：21—36.
5. Castellano MA, et al. Estimating the date of bone remains：A multivariate study. J Forons sci. 1984；29（2）：527—534.
6. Гаража НН. Посмертные изменения зуьов человека и их значение для раэличных сроков эахоронения. Суд Мед Экспер 1984；27（3）：18—20.

第二篇　法医牙科学

PART 2 FORENSIC DENTISTRY

绪　　论

一、概念

法医牙科学（forensic odontology，forensic dentistry）是应用牙科学的理论与技术研究解决有关法律问题的一门学科，或者说是运用牙科学的知识，研究并解决法律上有关个人识别问题的一门医学科学。

80年代以来，由于我国法医学专业教育的兴起，法医牙科学已在培养法医学专业医师的教学中成为授课内容之一。

法医牙科学在日本称之为齿科法医学，古畑種基教授也曾将其划分为法医学的一个分野。但是随着日本牙科学者从事这方面工作者的增多，逐渐倾向于使用法齿学（法牙科学）这一术语。认为与医学之有法医学相对应，牙科学也有法牙科学，以作为传统的法医学的一个分科（铃木和男，1982）。

在国际上，许多国家的法医牙科学工作都是由牙科学工作者完成的，他们不是法医师，而是牙科学专家，因此强调法牙科学是牙科学的一个分科，这是很自然的。国际牙科联合会（FDI）就设有法牙科学委员会，这个委员会（1979）给出的定义是：“法牙科学是对司法部门提出的与牙和口腔有关的物证，进行专门的检查处理，对所得知识进行判断，并向有关部门提出报告的牙科学的一个分科。”

第三种提法是法医牙科学乃是法科学的一分科。法科学（forensic science）是随着法律需要而发生发展，并为法律服务的各种医学和自然科学的总称，是运用一切医学、生物学、物理学、化学的理论与技术，解决刑侦、审判以及民事诉讼中有关问题的一门自然科学。它包括各种刑事技术、医事法学乃至法医学，法医牙科学当然不能例外。

在我国，实际从事法医牙科学工作的并不只是法医工作者，还有痕迹检验人员或者牙科医生。前者有时从事咬痕的鉴定，后者有时从事义齿的鉴定。

总之，各种分类法都是由分类的目的决定的，不可能强求划一。本书将法医牙科学划归法医人类学的一部分，是因为牙齿和骨骼一样都属于人体的硬组织，并且历来是人类学的研究对象之一。

为了统一认识，国际牙联还对以下几个术语作出了概念上的规定：

1. 牙科鉴别（dental identification）是根据牙的特征进行的个人识别。

2. 牙科鉴定人(dental expert)是依据牙科知识和经验,能对牙科资料做出鉴定的人。

3. 法（医）牙科学鉴定人（forensic dental expert）是能够依据法医牙科学的有关经验和知识，对这一领域内的有关问题提出确切意见的牙科鉴定人。

国际牙联所提出的法牙科学鉴定人的概念限于牙科专家，这一概念不完全适用于我国。

二、法医牙科学简史

我国早在春秋战国时期（公元前770—公元前221年）就已对牙与年龄的关系有比较明确的认识。如《素问·上古天真论》就记载：女子七岁肾气盛，齿更发长；三七肾气平均，真牙生而长极。男子八岁肾气实，发长齿更；三八肾气平均，真牙生而长极。《太平御览》引《家语》中提到“孔子对曰：男子八月生齿，八岁而龀（chèn，换牙），十有六而化（化，是除智牙外，恒牙基本出齐）；女子七月生齿，七岁而龀，十有四而化。”

唐代，在唐律（637年）中明确规定，折人一齿处徒刑一年；折人二齿以上，处徒刑一年半。

宋代更有依上述牙与年龄关系的理论进行年龄判定的实例。据胡文炳《折狱龟鉴补》记载：宋代的李南公知长沙县时，有一寡妇携儿出嫁七年。儿族前来取儿，她说：“他不是前夫的儿子。”儿族告于官。南公审理此案，问儿年几岁，儿族说：“九岁”，妇人说：“七岁”。又问何时开始蜕牙，答说：“去年”。南公说：“男八岁而龀，尚何争！”命将儿归还儿族。这个大约900年前的实例应当是法医牙科学年龄鉴定的最早的一例。

元代有检验牙齿损伤的实例。如《儒吏考试程式》（1297）载：“勒医工某，验得某人上唇微绽，当门去讫一齿，其所落连带血肉，比对齿血、邻牙相同，认是他物所伤。辜（观察损伤进展情况的时限）满，再行验得，其伤已平。”

在西方，最早进行了法医牙科学实践的是美国的paul Revere. 1775年6月16日，波士顿的殖民者Joseph Warren将军在反对英皇家军队的一次战役中，被枪弹击中头部，因为未被认出来，而埋在公墓中。大约10个月后，英军撤离了波士顿地区，他的朋友们决定找到他的遗体重新安葬。Warren将军的牙医Revere参加了寻找Warren尸体的小组。Revere根据1773年2月22日Warren的病历所载曾经拔掉一个双尖牙，并镶补一个象

牙制的小义齿，用银线固定等，对 Warren 将军的遗体作出了准确的认定。

为现代法医牙科学奠定理论基础的是古巴人 Qscar Amoëdo（1863—1945）。1897 年 5 月 4 日，巴黎的一个义卖市场（Charity Bazar）发生了火灾，当时在陈列厅中正放映电影，由于电影机用的瓦斯灯爆炸起火，整个大厅在大约 20 分钟内化为灰烬。造成 200 多人负伤，126 人死亡的悲惨事件。在死者中有 30 人被烧焦，难以辨认究竟哪个尸体是谁。因为惨案发生在当时的名流、高官和富翁集会的会场，必须辨认出每个死者。根据巴拉圭公使 Albert Hans 的提议，通过死者的家属，把有关的牙医找来，共同识别尸体。牙医们根据烧焦尸体的牙及其充填物、补缀物的状态，对照病历，成功地识别了大多数的尸体。

Amoëdo 参加了这次尸体鉴识工作，根据丰富的尸体鉴识资料，参考有关文献，并结合自己的业务经验，提出了学位论文《论法医学的牙科技术》（L′ Art Dentaire en Medecine Lēgale），于 1898 年发表，并获得博士学位。这一论著填补了法医学中牙齿研究的空白，并很快被牙医们公认为标准技术用于法医牙科学实践。由于他在法医牙科学中所作的杰出贡献，被认为是法医牙科学的奠基人。

Oscar Amoëdo1863 年 11 月 10 日生于古巴的马坦萨斯（Matanzas）。在哈瓦那大学学习后，又入纽约牙科学院，1888 年回国。1889 年作为代表参加了巴黎的“国际牙科会议”。1890 年任巴黎牙科技术学校临床讲师，1895 年任教授。在该校无偿任教直至 1905 年。为了谋生，同时在校外开设牙科诊所。Amoëdo 热衷于牙科学的各个领域，撰写了 120 篇以上的文章，由仪器设计至探讨牙的解剖学与发育，可卡因与氯化乙烯在局麻中的正确应用，上颌窦肿瘤的治疗，根管充填术，牙移植等，确是一位牙科的博学之才。他精通西班牙语、英语和法语，参加过西半球 57 个学术会议，是 8 个学术团体的名誉会员。1945 年 9 月 25 日于自己的家中逝世。

关于法医牙科学的学会和团体，最早建立的有日本的法医牙科学研讨会（Discussion group of forensic odontology，1960）和斯堪地纳维亚法医牙科学会（1961）。1968 年 9 月，国际牙联设置了法医牙科学分会。1973 年 6 月 7 日，在巴黎成立国际法医牙科学口腔学协会，著名的法医牙科学家 Gösta Gustatson 任首届会长。该会以交换国际情报为中心持续活动，其中丹麦的 S. Keiser-Nielsen 博士在国际的学术联系中起了重要的领导作用。

法医牙科学的教学组织，据 Vermylen 近年所作的调查，大都没有独立的教学组织，多附设在牙科学院的其他学科中。唯日本首先在东京齿科大学设置了齿科法医学教室（1964），其后相继成立了日本大学齿学部法医学教室（1965）和神奈川齿科大学法医学教室（1968），成为日本法医牙科学教学与研究的中心。东京齿科大学的铃木和男教授在日本法医牙科学的发展中起了重要的作用。

世界各国法医牙科学实验室尚乏精确的统计，据 Suzuki（1982）与 Hill（1984）调查，至少在 22 个国家已建立了 40 多个实验室。

中国医科大学法医学系首先在法医人类学教研室中设立了法医牙科学教学组（1986），为专业学生开设16学时的教学（讲授8，实习8）。并于1989年建立了法医牙科学实验室，开展法医牙科学的鉴定工作。

（贾静涛）

参考文献

1. 鈴木和男。法歯学的個人識別，日法医誌。1982；36（1）：58—69。
2. 贾静涛。中国古代法医学史。群众出版社。1984。
3. Hill IR, et al Forensic Odontology, its scope and history. Belgium：Acad coöp. 1984.

第一章　牙的解剖组织学

第一节　牙的基本知识

一、牙的组成

（一）牙的外部观察

从外部观察，牙由牙冠，牙根及牙颈组成（图2—1—1）。

1. 牙冠（crown）　为牙暴露在口腔的部分，其外层被牙釉质覆盖。冠的外形随功能而异：功能弱而又单纯的牙，其牙冠形态较简单，功能强而复杂的牙，其牙冠形态较复杂。

2. 牙根（root）　为牙埋在牙槽骨内的部分，外层被牙骨质覆盖。其形态和数目随功能而有所不同。单根牙多为功能简单而弱；多根牙能承担强而复杂的功能，因为多根牙其根分叉为两根以上，所以增强它在颌骨内的稳定性。每个牙根的尖端，称为根尖（root apex）。每个根尖都有通过牙髓血管神经的小孔，称为根尖孔。

3. 牙颈（neck of tooth）或称颈线（cervical line）　牙冠与牙根交界处呈一弧形曲线，称为颈线，即指牙颈。

图2—1—1　牙的外部观察

（二）牙的纵断观察

从纵剖面观察，牙由三层硬组织及一种软组织组成（图 2—1—2）。

1. 牙釉质（enamel） 构成牙冠表层的、半透明的白色硬组织。是牙体组织中高度钙化的最坚硬的组织。

2. 牙骨质（cementum） 构成牙根表层的、色泽较黄的硬组织。

3. 牙本质（dentin） 构成牙体的主要物质，位于牙釉质与牙骨质的内层，其硬度次于牙釉质，在其内层有一空腔，称为髓腔（pulp cavity）。

4. 牙髓（dental pulp） 是充满在髓腔中的蜂窝组织，内含血管、神经和淋巴。

二、牙的分类

（一）根据牙的形态特点和功能特性分类

1 切牙（incisor） 位于口腔前部，共有 8 个。邻面观察呈楔形，颈部厚而切端薄，其主要功用是切割食物，为单根牙。

2 尖牙（cuspid or canine tooth） 俗称犬齿，共有 4 个。邻面观察为楔形，其特点是切端有个显著的牙尖，约占冠长的一半左右。其牙根为全口牙中最长的，亦为单根牙。

图 2—1—2 牙的剖面观察

3 双尖牙（bicuspid or premolar） 又名前磨牙。位于尖牙之后，共 8 个。牙冠呈立方形，有一个适于咀嚼食物的骀面，颊舌侧各有一个牙尖，下颌第二双尖牙有时有三个牙尖。牙根多为单根和扁根，有的根有分叉。

4 磨牙（molar） 位于双尖牙之后，共 12 个。牙冠大，呈立方形，有宽大的咬骀面，周围有 4—5 个牙尖。结构复杂，根分叉，上颌磨牙多为三个根，下颌磨牙多为双根。

切牙及尖牙位于口腔前部，称为前牙；双尖牙及磨牙位于口腔后部，称为后牙。

（二） 根据牙在口腔内存在时间的久暂分类

1 乳牙 婴儿生后 7--8 月乳牙开始萌出，直至 2 岁—2 $\frac{1}{2}$岁萌出完毕，共计 20 个（图 2—1—3）。从 6—7 岁开始有恒牙来继替其相应的乳牙。乳牙分乳切牙、乳尖牙及乳磨牙三类。用公式表示：切$\frac{2}{2}$尖$\frac{1}{1}$磨$\frac{2}{2}\times 2=20$。

2 恒牙 自 6 岁开始萌出，继替相应乳牙，除第三磨牙外到 12—14 岁萌出完毕。恒牙分切牙、尖牙、双尖牙和磨牙四类，共 32 个（图 2—1—4）。因第三磨牙变异很大，形

态和数目均不定，用公式表示：切$\frac{2}{2}$尖$\frac{1}{1}$双尖$\frac{2}{2}$磨$\frac{2-3}{2-3}\times 2=28-32$。

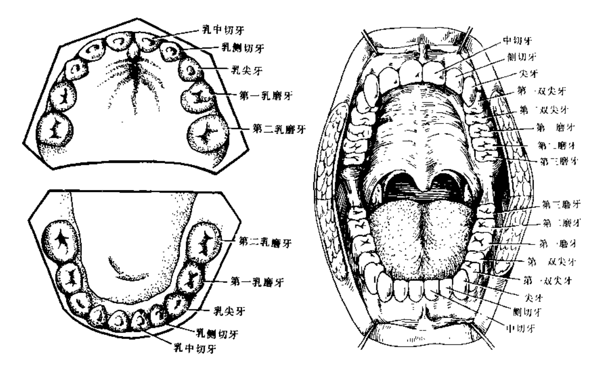


图 2—1—3　乳牙牙列　　　　图 2—1—4　恒牙牙列

三、牙的标记法

（一）Palmer 标记法

以“＋”符号将上下牙分为四区。符号的水平线表示殆面，以区分上下；垂直线表示中线，以区分左右。上下牙弓可分为┘└┐┌四区。用阿拉伯序数字 1—8 依次分别代表中切牙至第三磨牙；用罗马字母Ⅰ—Ⅴ依次分别代表乳中切牙至第二乳磨牙，其牙式如下：

上

右 ←→ 左																
恒牙	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
乳牙				Ⅴ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ			
				Ⅴ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ			
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8

下

palmer 标记法

举例：$\underline{|II}$＝左上乳侧切牙；$\underline{4|}$＝右上第一双尖牙；$\overline{|2}$＝左下侧切牙；$\overline{3|}$＝右下尖牙。

（二）Haderup 标记法

本法与 Palmer 法基本相同，只是表示上下颌和左右侧的方法不一样。以“＋”号表示上颌；以“－”号表示下颌；“＋”或“－”记在牙数的前面为左侧，记在后面为右侧。如：右上第一双尖牙为 4＋；左下尖牙为－3；右下中切牙为 1－；左上第一磨牙为＋6。

（三）Zsigmondy 标记法

本法与 Palmer 标记法相似，只是乳牙用英文字母 A 至 E 表示

8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
			E	D	C	B	A	A	B	C	D	E			
8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
			E	D	C	B	A	A	B	C	D	E			

Zsigmondy 标记法

（四）ADA 标记法（美国牙科协会牙位标记法）

恒牙列：用阿拉伯数字 1—32 顺序表示，从上颌右侧第三磨牙，按顺时针方向，止于右下第三磨牙。

乳牙列：用英文字母表示，由 A 至 T 分别代表上颌右侧第二乳磨牙至右侧下颌第二乳磨牙。

恒牙	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
乳牙					A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
					T	S	R	Q	P	O	N	M	L	K		
	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17

ADA 标记法

（五）二位数系统标记法

二位数字标记法（Two Digit System）是国际牙联（FDI）规定的方法。每个牙均用两位数表示。

恒牙式：

右	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28	左
	48	47	46	45	44	43	32	21	31	32	33	34	35	36	37	38	

乳牙式：

右	55	54	53	52	51	61	62	63	64	65	左
	85	84	83	82	81	71	72	73	74	75	

TDS 标记法

四、常用术语

1. 中线（medial line）平分颅面为左右两等分的假想线。

2. 牙长轴（long axis）通过牙中心的一条纵行假想轴。

3. 接触区（contact area）两相邻牙接触的部位为接触区，全牙弓的接触区均在切端与𬌗方部位，但形态与面积大小不同。

4. 线角（line angle）与点角（point angle）牙冠面上任何两个面相交成一条线所成的角称为线角。如前牙近中面与唇面相交的角称为近中唇线角，后牙的近中面与颊面所成的角称为近颊线角。三个面相交所成的角称为点角，磨牙的近中面、颊面与𬌗面所成的角称为近颊𬌗点角，前牙的近中面、唇面与切缘所成的角为近唇切点角。

5. 外形高点（height of contour）牙的各轴面最突出的部分，称为外形高点。

6. 牙的三等分（division into thirds）将牙的各个面分为三等分。同时可水平向的平分三等分，或垂直向的平分三等分。如牙冠前牙唇面水平向三等分为切 1/3、中 1/3 和颈 1/3；后牙邻面垂直向三等分为颊 1/3、中 1/3 和舌 1/3；牙根则分为颈 1/3、中 1/3 和根尖 1/3。

五、牙冠各面名称与表面标志

（一） 牙冠各面名称

每个牙有与牙的长轴一致的四个轴面，及一个与牙的长轴垂直的𬌗面与切缘。

1. 唇面与颊面　前牙的牙冠接近口唇的一面，称为唇面，后牙的牙冠接近颊的一面，称为颊面。

2. 舌面　前后牙的牙冠，接近舌的一面，称为舌面。

3. 近中面　每个牙冠靠近中线的一个邻面，称为近中面。

4. 远中面　每个牙冠远离中线的一个邻面，称为远中面。

5. 䂅面与切嵴　上下颌后牙咬䂅时发生接触的一面称为䂅面，切牙舌面沿着切缘的嵴称为切嵴。

（二）　牙冠表面标志

1. 牙冠的突起部分

(1) 牙尖 (eusp)：为锥形体的显著突起，位于尖牙的切端，双尖牙及磨牙的䂅面上。

(2) 结节 (tubercle)：为牙冠某处牙釉质过分钙化所形成的小突起。有各种大小和形态的变异。

(3) 嵴 (riolge)：为牙釉质的长形线状隆起。

①轴嵴 (axial ridge)：在轴面上，从牙尖顶端伸向牙颈部的纵形隆起。

②边缘嵴 (marginal ridge)：位于后牙的䂅面与轴面相交处，切牙、尖牙的舌面近中、远中边缘处。

③三角嵴 (triangle ridge)：位于䂅面，由牙尖的两个斜面相交而形成，该嵴由牙尖顶端到䂅面中央。

④横嵴 (transrerse ridge)：相对牙尖的两三角嵴相连，横过䂅面，称为横嵴。下颌第一双尖牙的䂅面上横嵴结构最为明显。

⑤斜嵴 (obligue ridge)：䂅面的三角嵴斜行相连，称为斜嵴。上颌第一恒磨牙䂅面上斜嵴结构最为明显。

⑥颈嵴 (cervical ridge)：牙冠的唇面与颊面上，沿颈线部位微显突起，称为颈嵴。

⑦舌隆突 (cingulum)：位于尖牙与切牙的舌面颈 1/3 处，为牙釉质的半月形突起。

2. 牙冠的凹陷部分

(1) 窝 (fossa)：为不规则凹陷，位于切牙的舌面，后牙的䂅面。

(2) 沟 (groove)：位于牙冠轴面与䂅面，介于牙尖与嵴之间，或窝底部的细长凹陷部分。

3. 斜面 (incline surface) 组成牙尖的各面，称为斜面。两斜面相交成嵴。各面依牙尖的位置面命名，如上颌第一磨牙颊尖颊侧的近中斜面。

4. 生长叶 (lobe) 为牙的发育钙化中心，其交界为发育沟，是两生长叶相连形成的浅沟。每个牙多数为四个生长叶发育而成，部分由五个生长叶发育面成。

第二节　牙的形态特征

人的乳牙大部与同名恒牙相似。乳白色，牙冠较小。牙冠颈嵴结构特别明显，略偏近中。上颌乳尖牙牙尖偏向远中，与上颌第一双尖牙的颊尖一样。乳牙的牙根分叉大，因

为在根的分叉处包含有一个恒牙牙胚。

人的恒牙，左右成对的同名牙，其解剖形态相同，故恒牙的形态只有 16 种。

一、恒切牙的形态

（一）上颌中切牙

上颌中切牙（maxillary central incisor）是 8 个切牙中最大的一个，排列在中线的两侧（图 2－1－5）。

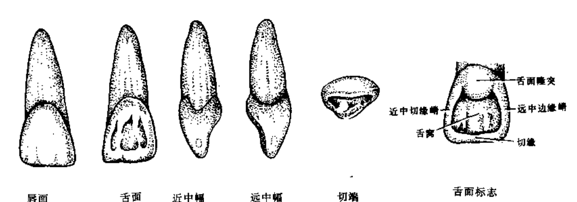


图 2－1－5　右侧上颌中切牙

1　牙冠

（1）唇面：牙冠唇面基本与人面形相协调。有方圆形、卵圆形和尖圆形三种。其牙冠从颈到切端长度大于近远中宽度，整个唇面较平坦，呈梯形。近中缘较平直，与切缘形成一个直角；而远中缘与切缘相连圆钝，颈部为一个凸面根部的弧形线，切缘是由近中向远中斜行的直线。

（2）舌面：也呈梯形，其面积较唇侧小。中央凹陷成窝称为舌窝。四周均为突起的嵴，在颈部有舌面隆突。

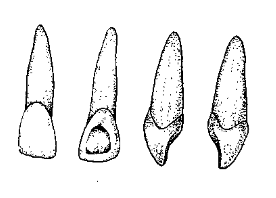
（3）近中面及远中面：呈三角形，底部为一曲线，呈“V”字形，称为颈曲线。三角形顶部为切嵴，接触区靠近切角。近中面较大面平，远中面较小面突。

（4）切端：唇面较平，舌侧圆突成嵴。经过切割后磨耗而成一个切斜面，上颌切嵴位于牙长轴的唇侧。

2　牙根为单根，粗状面直，根尖略偏远中。根与冠长度几乎相等，或略有差异。

（二）上颌侧切牙（maxillary lateral incisor）

上颌侧切牙形态变异较大，钉形牙较多见，有时甚至为先天缺失（图 2－1－6）。



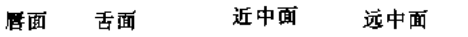


图 2—1—6　右侧上颌侧切牙

1　牙冠

（1）唇面：与中切牙相比，其冠小而显得圆尖。近中切角为锐角，远中切角为弧形。

（2）舌面：边缘嵴、舌窝及舌隆突结构均比中切牙明显。舌窝深而窄，并有沟从舌面隆突的远中越过而延伸到根部。

（3）邻面：近中面，远中面均为三角形，较突。

（4）切嵴：较明显。

2　牙根　牙根较中切牙牙根长面弯曲，根弯曲方向不定。

（三）**下颌中切牙**（mandibular central incisor）**与下颌侧切牙**（mandibular lateral incisor）

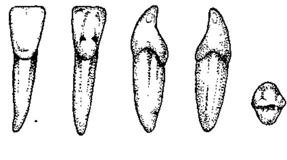


图 2—1—7　右侧下颌中切牙

下颌中切牙是全口牙中体积最小，牙冠宽度仅占上颌中切牙的 2/3。切缘较平直，牙冠左右形态较对称，近远中切角与近、远中缘较对称相等。从侧面观察，切嵴位于牙长轴上。根的远中面纵形的沟较近中面深（图 2—1—7）。

下颌侧切牙比下颌中切牙略宽。其形态与下颌中切牙相似（图 2—1—8）。

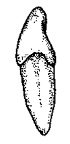
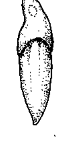



图 2—1—8　右侧下颌侧切牙

二、恒尖牙的形态

尖牙与切牙同为楔形牙冠，但牙冠较厚，相当于切牙的切端处，有一长大的牙尖。牙尖由近中牙尖嵴、远中牙尖嵴、唇面轴嵴以及相邻两嵴间的斜面组成，便于穿刺与撕裂食物。

（一）上颌尖牙（maxillary canine）

上颌尖牙冠与根的颊舌径均比切牙大（图 2－1－9）。

1. 牙冠

（1）唇面：似五边形，由颈缘、近中缘、远中缘，牙尖的近中斜缘与远中斜缘组成。颈缘为椭圆弧形，远中缘较近中缘短而突出。刚萌出的尖牙，组成牙尖的近远中斜缘相交为直角。其唇侧面有突出的轴嵴，由牙尖顶端延伸到颈 1/3 处，分牙冠唇面为近远中两个斜面，牙冠唇面外形高点在冠中 1/3 与颈 1/3 交界处。

（2）舌面：舌面形似唇面，但较小。颈部舌面隆突显著，周边由近、远中边缘嵴，近、远中牙尖嵴所组成，中间为舌窝，其间由牙尖至舌隆突有一明显的纵嵴为舌轴嵴，将舌窝分成近远中两个部分。

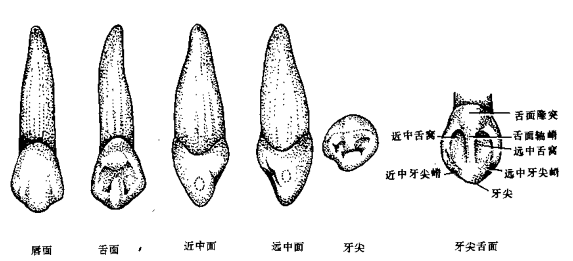


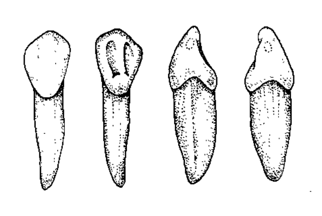
图 2－1－9 右侧上颌尖牙

（3）邻面：似三角形。近中邻面较远中邻面大而平。

（4）牙尖：上颌单尖牙的牙尖为全口牙中最大的，其冠长略占牙冠高度的 1/3 或2/5。

2. 牙根：上颌单尖牙的牙根为全口牙中最长的，约为冠长的 $1\frac{1}{2}$倍至 2 倍。牙根唇舌径大于近远中径。因为单尖牙根为圆锥形，所以外伤后脱位的可能性较大。

（二）**下颌尖牙**（mandibular canine）



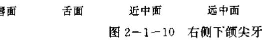


图 2—1—10　右侧下颌尖牙

与上颌尖牙相比，牙冠显得细长，窄而薄。其冠唇面的近中缘为最长，与牙长轴近似平行。其牙尖较上颌尖牙小，仅占冠长的 1/4，构成牙尖的近远中斜缘交角大于 90 度。牙冠唇面的牙尖轴嵴至牙冠中 1/3，而且突出不明显，舌面结构不甚明显（图 2—1—10）

三、恒双尖牙的形态

（一）**上颌第一双尖牙**（maxillary first bicuspid）

该牙为 8 个双尖牙中最大的一个（图 2—1—11）。

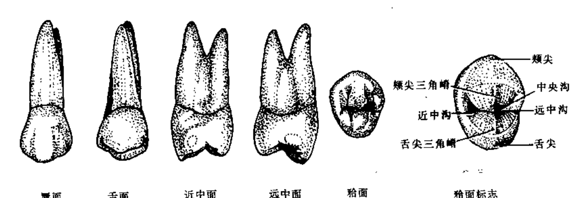


图 2—1—11　右侧上颌第一双尖牙

1. 牙冠

（1）颊面：与尖牙唇面相似，但冠较短小，其颊尖略偏远中，即近中牙尖嵴略长于远中牙尖嵴，这是恒牙组中唯一牙尖向远中偏斜的牙尖。借此可以区别上颌双尖牙的左右。其近中缘近颈处稍凹。

（2）舌（腭）面：略小于颊面，各种结构不甚清晰，舌尖略偏近中。舌侧轴面最突

出处为牙冠中 1/3。

(3) 邻面：呈四边形，颈部最宽。近中面近颈部凹陷，有沟从𬌗面近中缘跨至近中面。

(4) 𬌗面：外形为轮廓显著的六边形。颊侧宽于舌侧，远中缘长于近中缘。有颊、舌两个牙尖，舌尖小而圆钝。两牙尖自牙尖顶向𬌗面中心发出牙尖三角嵴。𬌗面中心凹陷，有一条近远中向的沟，称为中央沟。

2 牙根：牙根扁，约有 80%在牙根中部或根尖 1/3 处分叉为颊舌两个根。

(二) 上颌第二双尖牙 (maxillary second bicuspid)

上颌第二双尖牙（图 2—1—12）轮廓不如第一双尖牙清晰，牙尖较圆钝。颊尖偏近中，颈宽，颊舌尖大小较近似。牙根约 60%不分叉。

(三) 下颌第一、二双尖牙

1 下颌第一双尖牙 (mandibular first bicuspid)　该牙是双尖牙组中最小的一个（图 2—1—13）。

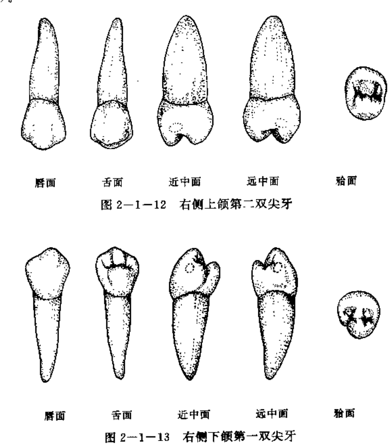


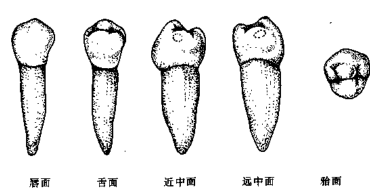
图 2—1—12　右侧上颌第二双尖牙

图 2—1—13　右侧下颌第一双尖牙

（1）牙冠：颈部明显缩小，颊轴嵴在颊面中1/3处较显著，颊颈嵴 如新月形突起。舌尖较小，舌面仅为颊面的一半高度，两牙尖在䶮面自牙尖顶端向中心发出两条三角嵴，相连横过䶮面，构成一条横嵴，将䶮面分成近远中两部分，近中部分稍大。在横嵴中央有一条近远中向沟通过横嵴。

（2）牙根：为扁形细长的单根，根尖略向远中偏斜。

2. 下颌第二双尖牙（mandibular second bicuspid）（图2—1—14）



唇面　舌面　近中面　远中面　䶮面

图2—1—14　右侧下颌第二双尖牙

（1）牙冠：呈方圆形，其长度、宽度、高度几乎相等。颊面颈部较宽，颊舌尖几乎相等，有时舌尖又分成近中、远中两个牙尖，在两牙尖中有沟通过。䶮面发育沟在两个牙尖的双尖牙中多为“H”与“U”形，而在三个牙尖的双尖牙中多呈“Y”形。䶮面中央窝内可能出现一个锥形牙尖，称为畸形中央尖。多发生在左右两侧。

（2）牙根：为扁圆单根。

四、恒磨牙的形态

上下颌每侧均有2－3个。其体积由第一磨牙至第三依次逐渐减小，磨牙牙冠体积较大，有宽大的䶮面，由4—5个牙尖组成。上颌磨牙的舌尖多为功能尖，经磨耗后牙尖较圆钝，而颊尖较尖锐。下颌磨牙颊尖为功能尖，经磨耗后变为圆钝，面舌尖较尖锐。牙根多为2—3根。上颌磨牙牙冠的颊舌径大于近远中径，牙根多为颊舌向分根；下颌磨牙冠的近远中径大于颊舌径，其牙根多为近远中向分根。而上颌磨牙的颊向根往往又分为近、远中两个根；而下颌磨牙的近中根又分为颊舌两根。

（一）上颌第一磨牙（maxillary first molar）

又名六龄牙，因该牙在六岁时在口腔内萌出，位于第二乳磨牙的远中（图2—1—15）

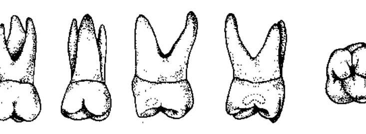


图2—1—15 右侧上颌第一磨牙

1. 牙冠

(1) 颊面：为四边形，近远中径大于龈𬌗径，𬌗缘略长于颈缘，远中缘较近中缘较突，颈缘中部略凸向根部，𬌗缘由四个牙尖嵴组成两个牙尖，两牙尖中有颊沟通过。颊面在颈1/3较突出。

(2) 舌面：为四边形，大小与颊面相似。𬌗缘由两个较圆钝的牙尖组成，近中舌牙尖是四个牙尖中最大的一个，远中舌尖为四个牙尖中最小的一个，面在此牙尖的舌侧偶而可见一个第五牙尖出现，与远中舌尖之间有新月形的沟分隔。

(3) 邻面：近中邻面为梯形，远中面不规则。邻面最突出处为𬌗缘 1/3 处。

(4) 𬌗面：呈斜方体形，结构复杂。周边为颊舌牙尖嵴及近远中𬌗缘组成。因近中舌尖为最大，所以近𬌗舌轴角为钝角。四个牙尖自牙尖顶向𬌗面中心发出三角嵴，近中舌三角嵴与远中颊三角嵴相连斜行通过咬𬌗面，形成强大斜嵴，这是该牙𬌗面的显著特点。在斜嵴中间有一条横过斜嵴的发育沟，称为中央沟。由中央沟近中端向颊侧发出颊发育沟；由中央沟的远中端向舌侧发出一条舌发育沟。

2. 牙根：由三个牙根组成。颊侧有近、远中两个根，面舌侧为一个根；舌根较粗大而直，两颊根较细小，而且两颊根互相环抱。三个根分叉较大，所以较稳固，能承受较大的𬌗力。

（二） 上颌第二、第三磨牙

1 上颌第二磨牙 (maxillary secondomolar) (图 2—1—16)

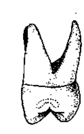


图2—1—16 右侧上颌第二磨牙

(1) 牙冠：略小于上颌第一磨牙。近中舌尖明显减小，远中舌尖更小，很少有第五牙尖。因远中舌尖特别小，所以舌面明显小于颊面。

(2) 牙根：数目与上颌第一磨牙相同，为三根，两颊根分叉较小，近于平行，略向远中偏斜。

2. 上颌第三磨牙 (maxillary third molar) (图 2—1—17) 该牙的形态、大小和位置变异较大。牙冠形态似上颌第二磨牙，但发育不甚完善。牙根的数目和形态变异亦很大。有时融合为一个根，有时牙根数目多于三个。

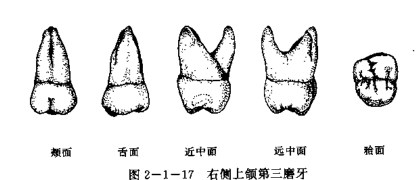


图 2—1—17　右侧上颌第三磨牙

(三) 下颌第一磨牙　(mandibular first molar) 亦名为六龄牙 (图 2—1—18)。

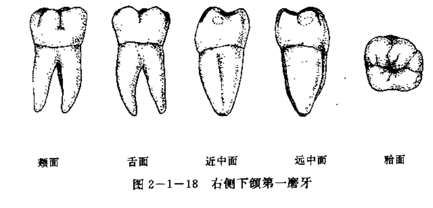


图 2—1—18　右侧下颌第一磨牙

1. 牙冠　呈长方体形。近远中径大于颊舌径。从颊面观察可见到两个半牙尖，舌侧有两个牙尖，面远中边缘有一个牙尖，称为远中尖，为五个牙尖中最小的一个。

颊侧面为两个牙尖之间有两条颊沟通过，末端形成点隙；舌侧面有两个牙尖，牙尖中有发育沟通过。

两邻面为四边形，殆缘为最突出的部分。

殆面为长方形。牙冠向舌侧倾斜。五个牙尖中，近中颊尖为最大，远中尖为最小。殆面可见到五条发育沟。颊、舌发育沟均由中央窝发出，仅有一条远中颊发育沟，由远中窝发出。下颌磨牙颊尖多为功能尖，所以颊尖圆钝，舌尖尖锐。

2. 牙根多为扁厚的双根，近中根较远中根大，根尖向远中偏。

（四）下颌第二、第三磨牙

1. 下颌第二磨牙（mandiburar second molar）（图 2—1—19）

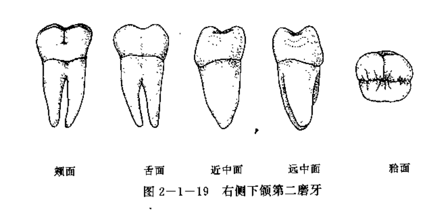


图 2—1—19　右侧下颌第二磨牙

该牙有五个牙尖，近中颊尖两尖往往大于远中颊舌两尖。殆面有四条发育沟呈十字形，即颊、舌、近中、远中沟。整个殆面似一个“田”字形，为该牙的特点。

牙根为两根，很少有三个根的，有时亦融合为单根。

2. 下颌第三磨牙（mandibular third molar）其形态、位置、大小，数目均可能发出变异（图 2—1—20）。

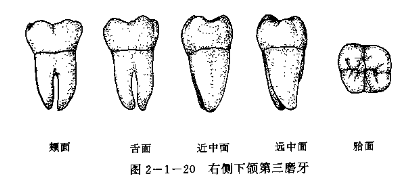


图 2—1—20　右侧下颌第三磨牙

五、乳牙的形态

乳牙的解剖形态与恒牙相似，但也有其特点。

乳前牙（图 2—1—21，图 2—1—22）包括上下乳中切牙、乳侧切牙、乳尖牙。

乳磨牙（图 2—1—23）包括第一乳磨牙，第二乳磨牙。乳磨牙的体积与恒磨牙不同，其体积是依次递增的。

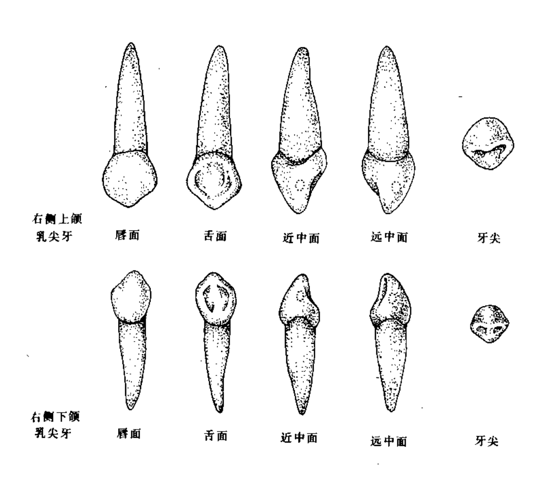


图 2—1—21　右侧乳尖牙

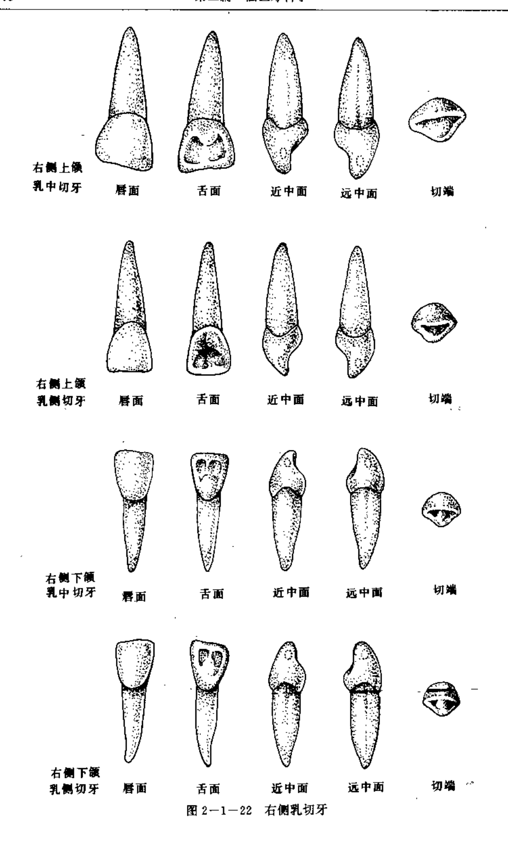

右侧上颌
乳中切牙
唇面
舌面
近中面
远中面
切端
右侧上颌
乳侧切牙
唇面
舌面
近中面
远中面
切端
右侧下颌
乳中切牙
唇面
舌面
近中面
远中面
切端
右侧下颌
乳侧切牙
唇面
舌面
近中面
远中面
切端

图 2—1—22 右侧乳切牙

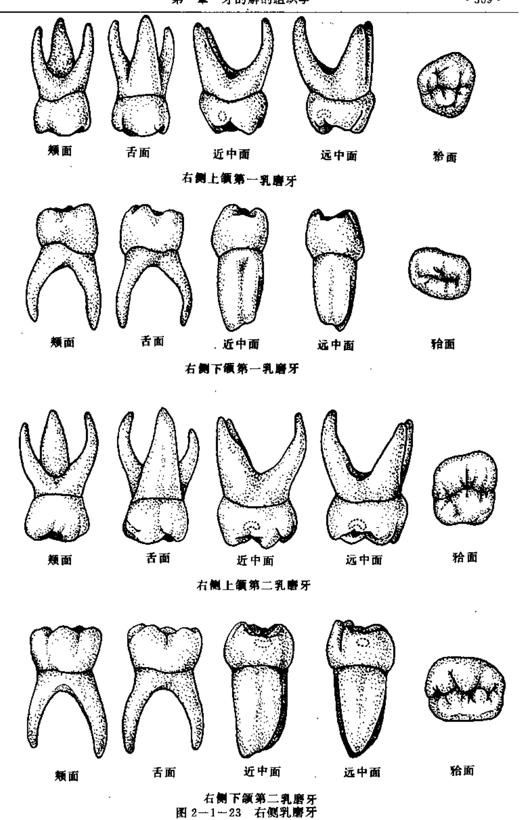

颊面
舌面
近中面
远中面
殆面
右侧上颌第一乳磨牙
颊面
舌面
近中面
远中面
殆面
右侧下颌第一乳磨牙
颊面
舌面
近中面
远中面
殆面
右侧上颌第二乳磨牙
颊面
舌面
近中面
远中面
殆面
右侧下颌第二乳磨牙

图 2—1—23 右侧乳磨牙

第三节 牙的组织结构

一、牙釉质

牙釉质（enamel） 是一种半透明的钙化组织，其透明度与其钙化程度有关，钙化程度越高，透明度大，则显出深层牙本质的颜色而呈黄白色；如钙化程度低，则不能透出牙本质的颜色而呈乳白色。但牙有时可因局部或全身原因而使透明度和色泽发生改变。例如：牙髓出血或坏死，牙可变为褐色或暗黑色；若在发育过程中钙化不好，可使其呈一种灰色不透明的白垩色；在釉质钙化时，机体摄入过多的氟，则牙冠部呈现黄色或黄褐色的斑点和条纹；在牙发育期间，如果摄入一定量的四环素族药物，则牙呈现棕黄色。

牙釉质是人体中最硬的组织，也是机体中钙化程度最高的组织。因而能对抗咀嚼的磨损。牙冠釉质的厚度随功能不同而不同，在行使功能的牙尖与切缘处釉质最厚，达 2—2.5mm，近牙颈部逐渐变薄。

牙釉质中含 95%—97%的无机盐，主要是羟磷灰石的结晶，还有少量的碳酸钙，磷酸钙和氟化钙。釉质中的有机物和水约占 3%—5%，但目前对其有机物的性质尚不了解。

（一）釉质的表面结构

1. 牙面平行线 或称牙而横纹，是牙呈节奏性发育所留下的痕迹，水平地环绕牙的表面。在一个发育良好的牙上，几乎不能辨认出牙面平行线。但在釉质形成、钙化过程中，如因机体患病或代谢障碍，使横纹加宽、明显，甚至形成横沟，则会形成釉质发育不全症。

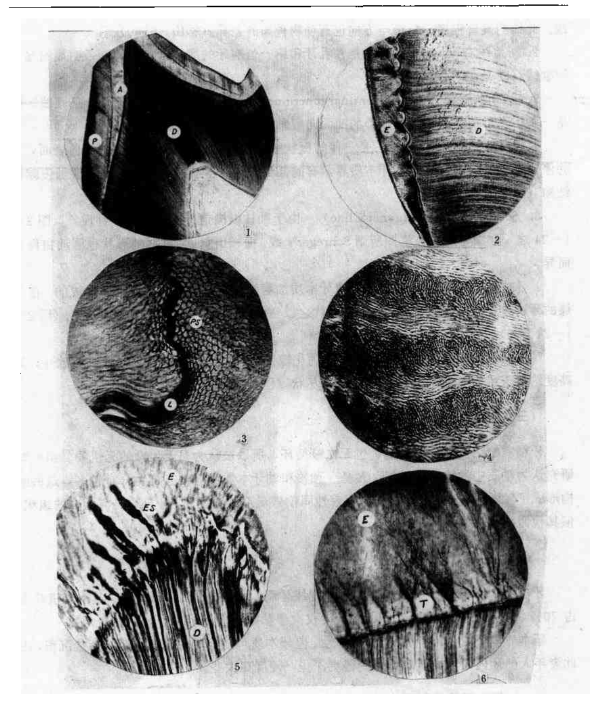
2. 釉质表面的小窝和小沟 小窝又叫点隙。小沟是长条形，深线不同的裂缝。两者均是釉质的缺陷部分。

3. 釉护膜 又叫釉小皮，萌出的牙经过磨损，该膜已丧失。仅留存在窝沟内。

（二）釉质的内部结构

在光学显微镜下，釉质是由釉柱与柱间质构成的。釉柱（enamel rod，enamel prism）是细长的柱状体，起自釉牙本质界，呈放射状贯穿釉质全层，达到牙表面。釉柱上可见有规律间隔的横纹，横纹间的距离约 4μm，是釉质在发育期间基质节律性地沉积而形或的。釉柱的横断面似乒乓球拍形状，在其宽大的一侧表面有一弧形清晰的周界，称为柱鞘（enamlel rod sheath）（图 2—1—24 之 3）。釉柱横断面的形状在入与动物是不同的，并且因动物的种属而异（藤田，1972）。在牙釉质中还有以下几种所见值得注意。

1. 釉质生长线（incremental line） 又名芮氏线（striae of Retzius）。在纵磨片，线条在牙尖部呈环行排列，近牙颈处渐呈斜行线，呈深褐色。此线在牙表面即为表而平行



A：出生前牙釉质　P：出生后牙釉质　D：牙本质　E：牙釉质　PS：釉柱（柱鞘）　L：釉板　ES：釉梭　T：釉丛

1. 乳磨牙的纵磨片，×12。显示新生线，位于出生前后牙本质间　2. 纵磨片，×60。釉牙本质界呈小连续弧形线　3. 发育中的釉质脱钙切片，×440。釉板在釉质中实行　4. 发育中的釉质脱钙切片，×155。显示纵横相间排列的釉柱呈所谓 schreger's 线现象　5. 纵磨片，×550。牙本质小管与釉梭　6. 横磨片，×75。由釉牙本质界发出的釉丛

图 2－1－24　牙的组织结构（一）

（引自 Manley EB，Brain EB）

线。此线的发育程度、色调与方向也有动物种属的差异（杉山，1960)。

2. 新生线(neonatal line) 是在乳牙和第一恒磨牙的磨片上常见的一条明显的发育间歇线（图2—1—24之1)。

3. 釉牙本质界（enamel-dentinal junction）牙釉质与牙本质相交不是一条直线，而是一条小弧形相连的线，小弧形的凹面向着釉质（图2—1—24之2)。

4. 釉板（enamel lamella）是一薄的板状结构，与牙的长轴平行，起自釉质表面，有的停止在釉质内，有的达釉牙本质界，有的甚至伸到牙本质内。在磨片中观察呈裂隙状结构（图2—1—24之3)。

5. Schreger's 线（Schreger's line） 由于釉柱纵横走行所形成的一种现象。图2—1—24之4中横走的釉柱群即所谓Schreger's 线。据杉山意见，此线的形状也因动物种类而异。

6. 釉梭（enamel spindle） 是造牙本质细胞的胞浆突起伸入釉质中而形成的。在干燥的牙磨片中，釉梭的有机物分解，而代之以空气，在透射光下，此空隙呈黑色（图2—1—24之5)。

7. 釉丛（enamel tuft） 是一部分钙化较差的釉柱自釉牙本质界向牙表而散开，其高度约等于釉质厚度的1/5—1/4，呈草丛状（图2—1—24之6)。

（三）釉质的代谢

牙釉质的结构中没有细胞，也无血液循环，所以被认为是无生命的无机物。组织学研究认为釉质中的缝隙、釉板、釉丛、釉梭和釉牙本质界等处有机物分布较多，这些结构形成了釉质营养的通道。现在用放射性同位素示踪试验证明，牙釉质是有生命的组织，但其代谢能力是很低的。

二、牙本质

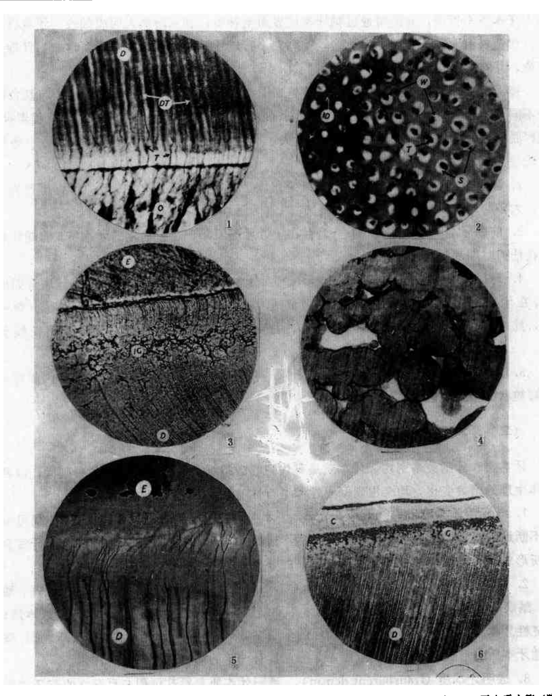
牙本质（dentin） 构成牙的主体。围绕牙髓，形状与牙的外形一致。其中无机盐类占70%，有机物和水约占30%。其硬度仅次于釉质。

牙本质呈黄白色，有光泽，稍有弹性。但牙本质可随年龄的增长继续有钙盐沉积，因此老年人的牙内，牙本质的颜色变得更深些，硬度更大些。

（一）牙本质的组织结构

牙本质主要是由牙本质小管和造牙本质细胞突起以及细胞间质所组成（图2—1—25)。

1. 牙本质小管和造牙本质细胞突起 在牙髓外层表面，排列着一层整齐的柱状细胞，叫造牙本质细胞。每个造牙本质细胞伸出一个细长的细胞突，是造牙本质细胞的原浆突，



O：造牙本质细胞　T：造牙本质细胞突起　D：牙本质　DT：牙本质小管　S：管周牙本质　W：牙本质小管（壁）　1D：管间牙本质　E：牙釉质　1G：球间牙本质　C：原发牙骨质　G：董氏粒层

1. 造牙本质细胞突起经前期牙本质层进入牙本质小管中（脱钙纵切片，×660）　2. 牙本质小管的横断面（脱钙切片，×1335）　3. 釉牙本质界附近的球间牙本质（纵磨片，×28）　4. 钙化小球不完全融合留有空隙（脱钙纵切片，×220）　5. 牙本质小管在釉牙本质界呈分枝状，排列稀疏（纵磨片，×335）　6. 董氏粒层（牙根上 1/3 纵磨片，×70）

图 2－1－25　牙的组织结构（二）

（引自 Manley EB，Brain EB）

进入牙本质小管内，有的可通过釉牙本质界面至釉质，其末端膨大而成釉梭。牙本质小管自牙髓表面向釉牙本质界呈放射状排列，小管近牙髓端较粗，越向表面越细，且排列稀疏，并有分支。

镜下观察牙本质的横磨片，可清楚见到围绕造牙本质细胞突起周围的间质与其余部分不同，呈环形的透明带，构成牙本质小管的壁，称为管周牙本质。由于其钙化程度高，观察脱钙切片时，由于该处钙质结构消失，而在造牙本质细胞突起周围呈现一环形空隙。

2. 管间牙本质 是由微细的胶原纤维包埋于无定型的基质之中。胶原纤维排列的方向，大多与牙本质小管互成垂直或斜交。

3. 前期牙本质（predentin） 为存在于近牙髓表面一层未钙化的牙本质。前期牙本质在任何时期都是存在的。

4. 球间牙本质（interglobular dentin） 牙本质的钙化是由很多钙质小球融合而成的。在牙本质钙化不良时，钙质小球间遗留些未被钙化的间质，其中仍有牙本质小管通过，此未钙化的区域称为球间牙本质。主要见于釉牙本质界处，沿牙的生长线分布。

5. 童氏粒层（Tome's granular layer） 在磨片中见根部牙本质透明层的内侧有一层颗粒状的未钙化区，称之为童氏粒层。

（二）牙本质退行性变

牙本质和牙髓关系密切，牙本质是有代谢的活组织，因此，对外界各种刺激，以及机体生理的增龄变化，均会出现修复性和退行性的改变。

1. 继发性牙本质（secondary dentin） 牙本质在牙齿发育完成后，在一生中仍可继续不断地形成，但形成速度减慢。这种后形成的牙本质称为继发性牙本质。它与牙发育期所形成的原发性牙本质之间常有一明显的分界线。

2. 修复性牙本质（reparative dentin） 亦称为反应性牙本质。当牙本质因磨损、酸蚀、龋病等而暴露时，外界刺激传到造牙本质细胞内，在相应髓腔壁增生的一种牙本质。修复性牙本质仅位于受刺激牙本质相应的牙髓端，该牙本质小管甚少，排列极不规则。修复性牙本质的形成，对外界刺激传入牙髓，具有一定的防御功能和保护作用。

3. 透明牙本质（transparent dentin） 透明牙本质是钙盐沉积在已变性的造牙本质细胞突上，而使牙本质小管封闭。因小管钙化后与周围间质的折光率无差别而成透明状。透明牙本质多位于进行缓慢的龋蚀损害的深层，也可见于老年人的牙本质内。

4. 死区（dead tract） 死区是牙因磨损、酸蚀或龋病而使牙本质小管暴露时，小管内的细胞突逐渐变性、分解，小管内充满空气，在显微镜下观察，该区呈黑色，称为死区。死区的近髓端常有修复性牙本质的形成。

在正常牙本质干燥磨片中，由于造牙本质细胞突起的分解，空的小管被空气所充满，也可出现象死区一样的变化，其区别是在与“死区”相应的髓腔壁上没有修复性牙本质。

三、牙髓

牙髓（pulp）位于牙的中心，形态和牙外形基本一样。分冠髓与根髓两部分。牙髓是富有血管和神经的一种疏松结缔组织。由细胞和细胞间质组成，间质包括纤维和基质。在牙髓的生长发育过程中，随着年龄的增长，成纤维细胞数量逐渐减少，而纤维的量增加。在发育完成的牙，细胞成分自冠部向根部递减，而纤维成分递增。

四、牙骨质

牙骨质（cementum）覆盖于牙根表而，在牙颈部较薄，在根尖与磨牙根分叉处较厚。牙骨质色淡黄，硬度和骨相似，含无机盐约45—50%，有机物和水约50—55%。无机盐也是以羟基磷灰石酸形式存在。此外，还有多种微量元素。有机物主要为胶原和糖蛋白。

牙骨质的组织结构与密质骨相似，由细胞和钙化的细胞间质组成，内有层板和陷窝，但无哈氏系统。

牙骨质细胞呈卵圆形，周围有许多细长的胞浆突起，多数向着牙根表面，借以自牙周膜吸取营养。这些细胞在间质中占据的空间称为陷窝，突起占据的空隙称小管。在牙的磨片中，由于细胞成分消失，故镜下所见为隐窝与小管。牙骨质细胞在间质中的分布不规则，根据有无牙骨质细胞分布，牙骨质又分为无细胞性牙骨质和细胞性牙骨质。

细胞间质包含纤维和基质。牙骨质的纤维主要是成牙骨质细胞产生的胶原纤维，与牙根表面平行排列，另有一些来自牙周膜的纤维与牙根表面垂直穿插于其中。

牙骨质表面有一层刚形成尚未钙化的牙骨质即类牙骨质。

釉质与牙骨质在牙颈部相接（釉牙骨质界）有三种不同情况：约60%是牙骨质少许覆盖在釉质上；约30%是釉质和牙骨质端相接；还有约10%是二者不相接，该处牙本质暴露，而为牙龈所覆盖。

五、牙周组织

牙周组织包括牙龈、牙周韧带和牙槽骨，这些组织支持牙牢固地位于槽骨内行使咀嚼功能，所以又称为牙支持组织。

牙龈（gingiva）是口腔粘膜覆盖于牙颈部及牙槽嵴的部分，呈浅粉红色。

牙周韧带（periodontal ligament.）又称牙周膜，是位于牙龈和牙槽骨之间的结缔组织，主要是联结牙齿和牙槽骨，使牙齿得以固定于牙槽骨内，并可调节牙齿所承受的咀嚼压力，具有悬韧带作用。

牙槽骨（alveolar bone）是包围牙根突的起部分的颌骨，又称牙槽突；容纳牙的凹窝

称牙槽窝；游离端称牙槽嵴。牙槽骨随着年龄的变化而有所改变。在牙有正常功能时其牙槽骨结构正常；牙没有功能或牙缺失时，则牙槽也就随之而萎缩。

第四节　牙列与牙的测量

一、牙弓的形状

上下颌牙的牙根生长在牙槽窝内，其牙冠连续排列成近似抛物线的弓形，称为牙列或牙弓。在上颌者称为上牙列，在下颌者称为下牙列。牙弓的形状在个体之间并不完全相同，可概括地分为三种基本类型：方圆形、卵圆形和尖圆形。但通常多为三种基本类型的混合型。

牙形、牙弓形与面形三者的相关关系，通常是相互协调的，在个体发育中表现一致，面部发育较宽者，其颌骨也可能较宽，因之牙弓亦较宽，这样面部与牙弓统一于较宽型，即方圆形或卵圆形；面部发育较窄者，其颌骨亦可能较窄，因之牙弓亦可能较窄。这样，使面部与牙弓统一于较窄型，即尖圆形。

而颌的发育又与颅部相关，颅部宽者，面颌可能宽；颅部窄者，面颌可能窄。如此，则颅、面、颌、牙弓、牙形都有其统一的可能性与合理性。

但也有报道发育不统一的问题。不论在人或其他灵长类均有此种现象。这是由于机体各部分在种系发育上，有其相互配合的统一性；但在个体发育上，又有其个体独特的变异性。

二、𬌗

𬌗（Occlusion）是指上下颌牙在静止颌位时的接触关系。上下颌牙处于功能性接触位，即在正中𬌗时，除了下颌中切牙与上颌第三磨牙外，都保持着一个牙与相对的两个牙的𬌗接触关系及两个邻牙的接触关系。这种𬌗接触关系可以避免因个别牙缺失致使对颌的同名牙完全失去咬𬌗功能和在短时间内发生移位现象。

上下颌牙弓存在着覆𬌗与覆盖关系。由于上颌牙弓较下颌牙弓过大，因而在上下牙弓接触时，上牙弓盖过下牙弓的水平距离称为覆盖，上牙弓盖过下牙弓的垂直距离称为覆𬌗。在正常情况下，上牙弓盖过下牙弓的水平距离为3mm，称为正常覆盖；如果超过3mm称为深覆盖；超过3—5mm为Ⅰ度深覆盖；超过5—7mm为Ⅱ度深覆盖；超过7—10mm为Ⅲ度深覆盖。上下牙弓处于正中𬌗时，下牙弓的下牙切缘应咬在上牙冠舌侧1/3切部，这是正常覆𬌗。如咬在上牙冠舌侧中1/3为Ⅰ度深覆𬌗；咬在牙冠舌侧颈部为Ⅱ度深覆𬌗；下牙切缘咬在腭侧牙龈处为Ⅲ度深覆𬌗。如在正中𬌗时上下牙咬不上，无𬌗接触，则称之为开𬌗。开𬌗的严重程度视其不接触的牙数及不接触的间距（毫米）而定，

不接触的牙数越多，上下牙间距越大，则开𬌗越为严重。

三、面部的协调关系

正常人面部可分为三部分：由鼻下点到颏下点为下部，由鼻底到鼻根点为中部，由鼻根点到发际为上部。这三部分一般是协调的，但距离并不一定是相等的。

从鼻下点到颏下点的距离与𬌗有一定关系。开𬌗时这段的距离大；深覆𬌗、后牙有严重磨耗或全部牙缺失者这段距离就变小。

面部由中线分为两侧，左右是相互对称的。如不对称，则标志着双侧颞颌关节结构及功能异常或下颌骨的形态结构不对称，双侧𬌗关系异常，牙列的缺陷以及咀嚼习惯有问题等等。

四、牙的测量

牙的测量是人体测量的一部分，本书所介绍的测量方法是目前国际上一般通用的方法。常用的测量仪器主要是测齿规、直角尺和万能角度尺。牙的主要测量指标如下：

1. 牙全长　为切缘（切牙）或牙尖顶（尖牙、双尖牙和磨牙）至牙根尖端的垂直距离。牙根有两个以上，应测最长的牙根。

2. 牙冠高　为切缘或牙尖顶至牙颈线向牙根尖最下突点之间的垂直距离。

3. 牙冠宽　为牙冠的近中远中径。可测取牙冠两邻接面之间的最大的距离。

4. 牙冠厚　为牙冠唇面（或颊面）上最突点至舌面上突点之间的距离。

5. 牙颈宽　为牙冠唇面（或颊面）牙颈线处，近中面与远中面之间的距离。

6. 牙颈厚　为牙冠唇面（或颊面）牙颈线向牙根尖最突点与牙冠舌面牙颈线向牙根尖最突点之间的距离。

7. 牙根长　为牙颈线向牙根尖最下突点至牙根尖端的垂直距离。

8. 牙弓宽度

　“3——3”：即两侧尖牙牙尖顶间的宽度，亦称牙弓前段宽度。

　“4——4”：即两侧第一双尖牙中夹沟中点间的距离。

　“6——6”：即两侧第一磨牙中央窝之间的距离，亦称牙弓后段宽度。

　“7——7”：即两侧第二磨牙中央窝之间的距离。

9. 牙弓长度

(1) 牙弓前段长度：两中切牙近中触点唇面至牙弓前段宽度(“3——3”)间的垂距离。

(2) 牙弓前中段长度：两中切牙近中触点唇面至“4——4”间的垂直距离。

(3) 牙弓全长：两中切牙近中触点唇面至“6——6”间的垂直距离。

10. 牙弓角度

(1) 尖牙角：以中切牙近中触点唇面为顶点，以“3——3”为底所形成的角度。

（2）双尖牙角：以中切牙近中触点唇面为顶点，以“4——4”为底所形成的角度。

（3）磨牙角：以中切牙近中触点唇面为顶点，以“6——6”为底所形成的角度。

上述 1、2 和 6、7 项要求主尺与牙轴相平行。3、4 项要求主尺与牙轴垂直。

中国人的牙体测量均值及范围如表 2－1－1，2－1－2 所示。

表 2－1－1　　中国人上颌恒牙牙体测量均值及范围　　(mm)

上颌牙	全长	冠长	根长	冠宽	颈宽	冠厚	颈厚
中切牙	22.8 (17.3—30.0)	11.5 (10.0—14.5)	11.3 (5.9—15.0)	8.6 (7.3—12.8)	6.3 (5.0—8.9)	7.1 (6.1—8.5)	6.2 (5.1—7.3)
侧切牙	21.5 (16.1—26.3)	10.1 (7.3—13.3)	11.5 (7.8—15.0)	7.0 (5.7—8.3)	5.0 (3.9—6.3)	6.4 (5.2—7.7)	5.9 (4.6—6.9)
尖　牙	25.2 (17.7—32.3)	11.0 (8.9—13.9)	14.2 (8.4—20.4)	7.9 (6.9—9.2)	5.7 (4.6—7.6)	8.2 (6.2—9.9)	7.7 (5.5—9.1)
第一双尖牙	20.5 (16.0—25.3)	8.5 (6.9—10.3)	12.1 (8.0—17.9)	7.2 (5.9—8.9)	4.9 (4.0—5.8)	9.5 (7.8—11.0)	8.4 (6.9—10.0)
第二双尖牙	20.5 (16.3—25.5)	7.8 (5.5—9.9)	12.7 (8.6—17.6)	6.7 (5.3—8.0)	4.6 (3.7—6.0)	9.3 (7.7—10.9)	8.3 (7.0—10.0)
第一磨牙	19.7 (16.1—23.7)	7.3 (6.0—8.7)	12.4 (9.1—16.6)	10.1 (9.1—11.9)	7.6 (7.0—9.0)	11.3 (10.0—13.0)	10.5 (9.0—12.3)
第二磨牙	19.3 (15.5—23.6)	7.4 (5.7—9.2)	11.9 (8.3—16.4)	9.6 (8.3—11.7)	7.6 (6.7—9.9)	11.4 (9.3—13.8)	10.7 (9.1—12.9)
第三磨牙	17.9 (14.6—22.5)	7.3 (5.6—9.5)	10.6 (7.4—16.3)	9.1 (7.6—11.0)	7.3 (5.4—8.9)	11.2 (9.4—12.9)	10.3 (8.5—12.0)

（引自王惠芸）

表 2－1－2　　中国人下颌恒牙牙体测量均值及范围　　(mm)

下颌牙	全长	冠长	根长	冠宽	颈宽	冠厚	颈厚
中切牙	19.9 (16.4—23.0)	9.0 (7.8—11.0)	10.7 (7.8—14.0)	5.4 (4.4—6.3)	3.6 (3.0—4.9)	5.7 (4.8—6.7)	5.3 (4.3—6.3)
侧切牙	21.0 (16.9—25.1)	9.5 (8.3—11.0)	11.5 (8.0—14.8)	6.1 (5.0—7.0)	4.0 (3.1—4.9)	6.2 (5.5—7.1)	5.9 (5.0—6.8)
尖　牙	24.6 (19.9—31.1)	11.1 (9.0—14.2)	13.5 (9.8—19.2)	7.0 (6.0—8.2)	5.4 (4.3—6.2)	7.9 (6.9—9.0)	7.5 (6.3—8.9)
第一双尖牙	20.9 (15.5—24.9)	8.7 (6.7—10.2)	12.3 (8.6—15.5)	7.1 (5.4—8.1)	4.9 (3.5—5.9)	7.9 (6.6—9.3)	6.9 (5.6—8.0)
第二双尖牙	20.5 (16.1—26.0)	7.9 (5.8—10.5)	12.6 (8.5—19.0)	7.1 (5.5—8.0)	4.9 (4.0—7.8)	8.3 (6.7—9.8)	7.0 (5.9—8.9)

续表

下颌牙	全长	冠长	根长	冠宽	颈宽	冠厚	颈厚
第一磨牙	20.5 (16.5—25.5)	7.6 (6.1—9.1)	12.9 (9.0—18.8)	11.2 (9.9—12.8)	8.9 (7.0—10.5)	10.5 (9.1—13.0)	8.6 (7.0—10.3)
第二磨牙	19.1 (16.0—24.6)	7.6 (5.7—9.2)	12.3 (9.0—16.4)	10.7 (8.5—12.9)	8.5 (6.9—10.5)	10.4 (8.7—12.3)	8.7 (7.1—9.9)
第三磨牙	18.0 (15.1—21.4)	7.1 (5.6—8.9)	10.9 (8.0—14.6)	11.1 (9.2—13.4)	9.2 (7.5—11.6)	10.4 (8.9—12.5)	8.9 (7.2—10.9)

（引自王惠芸）

第五节　牙的异常

由于牙的发育障碍而引起牙的数目、组织结构及形态改变，超越了正常范围，称为牙的发育异常或畸形。

一、牙的形态异常

（一）巨牙与小牙

1. 巨牙（macrodontia）比一般牙大。有普遍性巨牙与个别巨牙两类。普遍性巨牙是指全口所有的牙都较正常的牙大，可见于脑垂体机体亢进的患者，这类巨牙非常罕见。个别巨牙的原因不清，但应与融合牙区别开来，融合牙是牙发育早期两个或多个牙融合而成。

2. 小牙（microdontia）比一般牙小。有普遍性小牙与个别小牙两类。普遍性小牙指全口牙的形态完全正常，仅较正常人为小，见于脑下垂体机能减退引起的侏儒患者。个别小牙，多见于上颌侧切牙与第三磨牙，还有额外牙也多为小牙，其他牙较少见。侧切牙为小牙时多为锥形，而且往往为对称性的。

（二）融合牙、结合牙与双生牙

1. 融合牙（fused teeth）　常由两个正常牙胚融合而成，似乎有遗传倾向。在牙发生时期，这种融合牙可以是完全的；也可以是不完全的。真正融合牙的牙本质应汇集在一起。有时正常牙也能与额外牙发生融合。

2. 结合牙（concrescence of teeth）　两个牙的牙根发育完成以后发生粘连的牙叫作结合牙。由于牙外伤或牙齿拥挤，以致牙间骨吸收，两邻牙根靠拢，致使增生的牙骨质将两牙粘连在一起，形成结合牙。结合牙可发生在牙萌出前或萌出后，可以二牙结合，也

可三牙结合，也可以正常牙与额外牙发生结合。

3. 双生牙（geminated teeth） 乳牙列与恒牙列均可见到。据文献报导双生牙的发生，有遗传倾向。一个向内的凹陷将牙胚不完全分开而形成不完全的双生牙。双生牙通常为完全或不完全分开的牙冠，有一个共同的牙根及根管。

（三）其他形态异常

1. 釉珠（enamel pearl） 为一种局限性牙釉质增生过长的小球形团块。常位于磨牙根分叉的牙骨质表面，与正常釉质相连或完全分离。显微镜观察，常见的釉珠完全为釉质所构成，但也有的釉珠内还含有牙本质，其牙本质小管与牙体牙本质小管相连；甚至在较大的釉珠内还有纤细的牙髓组织从髓室或根管伸入釉珠内，但较少见。

2. 牙内陷（dens invagintus） 为一种常见的牙发育畸形。多发生于恒牙列，常见上颌侧切牙舌侧窝内陷深入，在中切牙与尖牙偶见。牙内陷的发育畸形亦似有遗传因素。

3. 牙中牙（tooth in tooth） 是牙内陷较为严重的一种发育畸形。由于透釉器皱折深入内陷。纵剖面观察，凹陷深入占据髓室或甚至接近根尖部。X线片示，其深入凹陷部分好似包含在牙中的一个小牙，故叫牙中牙

4. 畸形中央尖（central cusp） 多见于双尖牙的发育畸形，特别是第二双尖牙，常为对称性的，也可为单侧发生，特点是在双尖牙𬌗面中央窝处，发生一个圆锥形突起，有的甚至为一完整的中央牙尖。有中央牙尖的牙经咀嚼磨损后，牙髓招致感染而成为死髓牙。

二、牙的数目异常

（一）额外牙

额外牙（supernumerary teeth）是比正常牙数多出来的牙。其形态大小常与其发生所在的一组牙相似。多见于恒牙列，好发于上颌正中部位及第三磨牙的远中部。额外牙可以萌出，也可以阻生于颌骨内。

另外一种额外牙为旁磨牙，体积较小，位于任何一个磨牙的颊、舌侧；有时可见下颌双尖牙及上颌切牙的额外牙；而上颌双尖牙及下颌切牙的额外牙较少见。

（二）缺额牙

缺额牙（partial anodontia）是先天性缺少一个或几个牙。多见于恒牙列。据统计资料报道缺额牙有宗族倾向性，例如最多见于上下颌四个第三磨牙；还有上颌侧切牙及上、下颌第二双尖牙也有对称性缺失。乳牙列缺额牙较少见。

三、牙的萌出异常

（一）乳牙萌出与脱落时期异常

1. 乳牙早萌　有些婴儿出生时，口腔内就有乳牙萌出，这种乳牙叫“诞生牙”。通常只有一、二个牙萌出过早。多数或全部乳牙萌出非常罕见。诞生牙是牙发育未完成就萌出。还有一种牙是在出生后第一个月萌出叫做“新生牙”。由于某些疾病使乳牙萌出延迟者，叫做乳牙迟萌出。

2. 乳牙的早脱与迟脱　乳牙早脱是由于牙体病引起。乳牙迟脱可分大部分和全部乳牙迟脱及个别乳牙迟脱几种。除个别乳牙迟脱是由于乳牙的疾病及缺少继替恒牙所致。其他两种是由克汀病，颌骨病及锁骨颅骨发育不全的病人。

（二）恒牙萌出与脱落时间异常

1. 恒牙早萌出　在甲状腺与生殖腺功能亢进者，可出现恒牙早萌。个别牙早萌可由于乳牙早失所致。据文献报道，第三恒磨牙在13—14岁的女孩即可见到。

2. 恒牙迟萌出　一般与遗传有关，局部往往是由于乳牙滞留所致。

四、牙的结构异常

牙的结构异常有多种，其中釉质发育不全与牙本质发育不全是常见的遗传性疾病。其他在法医牙科上有意义的有以下几种。

（一）四环素色素沉着

四环素色素沉着使牙呈灰色或棕色。四环素色素主要在牙本质内沉积。怀孕妇女服用四环素可通过胎盘使正在发育的胎儿牙着色。恒牙的四环素牙的色素沉着是在婴儿时期服用四环素族的药物而引起的。

色素沉着于牙本质内是沿生长线进行的。牙变色的程度取决于色素沉着牙本质内与距釉牙本质界的距离有关。在早期服用四环素，色素沉着在釉牙本质界处，色素易透过牙釉质暴露出来，牙颈部釉质最薄，因此该处色素最易显露。此外，用药时间长短，对牙变色深浅也有关。

（二）釉斑

在牙发育期中，饮用水中含有过量的氟，可以引起牙釉质发育不全，而形成釉斑(mottled enamel)。在釉质形成时期，由于造釉细胞受损害，而影响到细胞产生釉质的能力，以致釉质发育不全或不发育，同时釉质钙化也受到干扰。

斑釉呈无光泽白色或棕色斑点，饮水中氟含量越高，在釉质斑点色素沉着也越严重。在重度氟中毒病人，不仅色素沉着增加，颜色变深，而且釉质出现小窝，表现高低不平。

（三）先天性梅毒牙

先天性梅毒牙是先天性梅毒引起的牙发育畸形，常累及到上、下恒切牙及第一恒磨牙。上颌中切牙发生畸形后，其牙冠中 1/3 宽度大于切端 1/3 宽度，而且在切缘中部呈弯月形缺损，临床上叫做“赫金氏牙（Hutchinsons teeth）”。上颌侧切牙一般形态正常。近年来研究表明梅毒螺旋体侵人，引起造釉上皮增生而突出于牙乳头，结果形成切缘中央的凹陷。

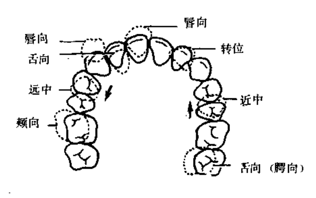


图 2—1—26　牙弓形态和牙排列的异常

下颌第一恒磨牙牙尖发育不全，形成结节状，而且由于挤压，使近远中牙尖距离缩短，釉质出现一些小窝洞，表面粗糙不平，以致外形象桑椹状叫做“桑椹磨牙”。有时由于磨牙牙尖挤压，以致牙尖完全消失，牙冠𬌗面近远中径比牙冠中部距离还小，外形像花蕾，故叫做“蕾形磨牙”。

五、牙的位置异常

由于外伤或牙胚位置异常而致牙萌出位置的异常。牙错位的类型有下列几种（图 2—1—26）。

（邓　燕）

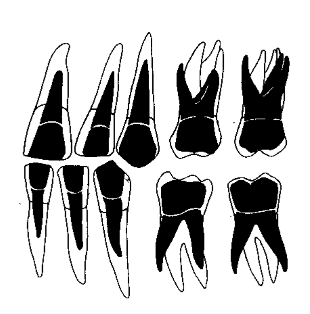
参考文献

1. 皮昕等。口腔解剖生理学。北京：人民卫生出版社。第二版。1987 年。
2. 郑麟蕃等。口腔组织病理学。北京：人民卫生出版社。1987 年。
3. Fosten TD. Textbook of orthodontics。Oxford：Blackwell. 1986.
4. Manley EB，Brain EB. An atlas of dental histology. Oxford：Blackwell. 1947.
5. 胡国瑜主编。口腔矫形学。北京：人民卫生出版社。1987。
6. 朱希涛主编。口腔修复学。北京：人民卫生出版社，二版。1987。

第二章　牙的鉴别

第一节　乳牙与恒牙的鉴别

如果是整套牙，特别在牙与颌骨完整的情况下，乳牙与恒牙的区分是比较容易的。但在牙与颌骨分离，特别在只有一颗牙的情况下，乳牙与恒牙的区分有时也会遇到困难。其主要区别是依据形态学和颜色的变化。



$\frac{67}{67}$与$\frac{\text{IV}\quad\text{V}}{\text{IV}\quad\text{V}}$的重叠，黑实体的乳牙

图 2－2－1　乳恒前牙与磨牙大小的比较（孙廉 1981）

一般来说，乳牙的体积较小，恒牙较大；乳牙的比重较轻，恒牙的比重较大；乳牙的牙根相对细长，恒牙的牙根相对粗短；乳牙的髓腔相对较大，恒牙的髓腔相对较小。这些比较都是对同名的乳牙或恒牙而言。另外，恒牙的牙冠磨耗较重。在一定的年龄之后，还可见继发牙本质及牙根的透明度增加，这些特点是恒牙的重要标志（表 2－2－1 及图 2－2－1）。

表 2－2－1　　乳牙与恒牙的区别

	乳　牙	恒　牙
数量	上下颌共计 20 颗（切牙 8 颗、尖牙 4 颗、磨牙 8 颗	共计 32 颗（智牙缺则为 28 颗，切牙 8 颗尖牙 4 颗，双尖牙 8 颗，磨牙 12 颗
颜色	较恒牙浅而淡，呈白色，釉质透明度差，缺乏光泽	呈黄色、釉质钙化程度高，透明度大
体积与比重	比同名恒牙体积小，比重轻	比同名乳牙体积大，比重大，并随年龄增大，比重逐渐增大
硬度	硬度小	钙化程度高于乳牙，硬度大

续表

	乳　牙	恒　牙
牙冠形态	牙冠各角钝圆，牙颈明显收缩狭窄，磨牙牙冠颊面近颈部 1/3 处有类似结节样隆起，以上下颌第一乳磨牙最显著	牙冠各角较尖锐，牙颈收缩不如乳牙显著牙冠无结节样隆起，牙冠比乳牙稍高
咬𬌗面磨耗	在口腔混合牙中，乳牙萌出时间早，钙化程度低，磨耗较同口腔的恒牙为重	比乳牙轻
牙根	细而长，由于恒牙胚在乳牙根区发育成长，使乳牙根分叉并向离心方向伸展，伸展范围一般超过咬𬌗面	较粗而短，牙根伸展范围一般等于或小于咬𬌗面
牙髓腔	髓腔与牙体比例大于恒牙，髓角高，根管粗大	髓腔小于乳牙，根管较细

（引自陈世贤，法医骨学，1980）

第二节　牙的左右侧鉴别

牙的左右侧即牙位于颌骨的左侧或右侧，可以根据牙的解剖学特点来区分。在第一章已经列举了组成牙的形态特点，但是单纯依据这些特点鉴别左右侧是不够的。本节将介绍对应线角比较法和对比识别法（孙廉，1981）可作为鉴别的参考。

一、对应线角比较法

对应线角比较法是设想将牙的临床冠纵行中分为近中半和远中半。中分线为切缘或𬌗缘中点和颈缘中点的连线。然后将两半中的对应部分进行比较而得出几组相对的比较关系量，根据比较关系量的差异判定牙的位置（图 2—2—2）。

（一）相对的比较关系量

1. 边缘嵴　当唇、舌侧面的近、远中边缘嵴相比或𬌗面的近远中边缘嵴相比时，近中侧者较直且长，远中侧者较弯而短。

2. 牙冠高　比较两半的实际上、下径，近中者较高些，远中者较矮些。

3. 牙冠厚　当两半中的内外径相比时，近中半者较厚，远中半者较薄。

4. 隅角　两半中的唇（舌、颊）侧面的近、远中隅角相比时，近中隅角较小，称之

为尖；远中者较大些，称之为圆。殆面的隅角相比应以近远中颊颌角相比或近远中舌颌角相比，也是尖圆关系。

（二）对应线角比较的内容

对应线角比较主要用于人类牙的左右侧识别，其方法的要点是：

近中半：直、长、高、厚、尖。

远中半：弯、短、矮、薄、圆。

应用此法识别牙的近、远中侧，结合第一章所述的各组牙的特征，一般来说，较容易地确定为何牙。此法对乳牙和恒牙均较适用。如有其中两项要点就可以确定该牙的侧别。参见图 2—2—2。

各比较关系量在不同的牙组中，表现的情况也不尽相同。在磨牙组，全部要点都较明显；在切牙组，直、长对弯、短和尖对圆的要点较明显；在尖牙组，直、长对弯、短和高对矮的要点较明显；在双尖牙组，除具有尖牙的要点外，厚对薄的对应较明显。另

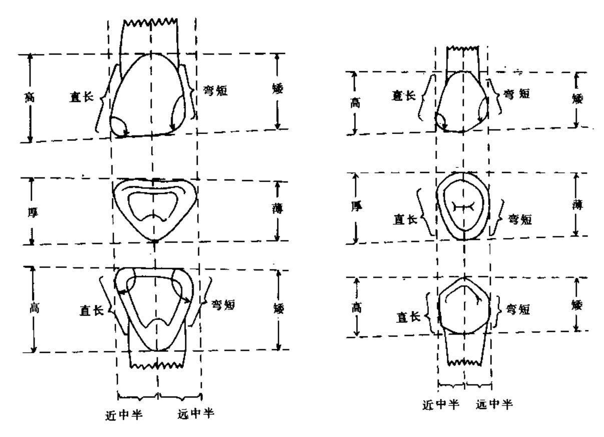


图 2—2—2　对角线比较法的应用

（左为|1，右为|5）

外，也有特殊的情况，上颌第一双尖牙因其颊尖的近中斜嵴长于远中斜嵴，故高对矮的比较量反常。殆面的近远中颊殆角的尖对圆关系也反常。

二、对比识别法

不同组的牙根据牙的解剖学特征，很容易将其区分。但在同组，由于其基本形态相似，区别有一定的困难。可用对比识别法作出鉴别。

（一）切牙

牙冠呈凿形或铲形，单根（图 2—1—5 至 8）。

1. 上颌侧切牙与上颌中切牙相比

（1）侧切牙的整体细而狭，唇面较凸，舌面较凹；中切牙整体为不正的四边形，唇面较平坦，舌面凹不显著。

（2）侧切牙的牙冠近中切角较中切牙锐，远中切角较中切牙钝。

（3）侧切牙近远中切角大小相差的比例较中切牙大些。

2. 上颌切牙与下颌切牙相比

（1）下颌切牙的冠部和根部都较上切牙细。

（2）下颌切牙的邻面较上颌切牙为平压些，舌面窝因边缘脊低平面不明显。

（3）下颌切牙的根部较上颌切牙为扁面狭长，而上颌切牙的根部断面约为三角形或卵圆形。

（二）尖牙

尖牙的牙冠似扎枪头，单根（图 2—1—9、10）。

（1）下颌尖牙的牙冠较上颌尖牙的牙冠瘦长些。

（2）下颌尖牙的根部较细些。

（3）下颌尖牙的舌面窝较上颌尖牙浅些，边缘脊较上颌尖牙低平。

（三）双尖牙

1. 上颌双尖牙（图 2—1—11、12）

（1）共同特点：牙冠部颊舌径大于其近远中径，颊舌尖都比较高且较直些，牙冠部宽度舌侧较颊侧窄。

（2）上颌第一双尖牙的特点：颊尖的近中颊斜嵴长于远中颊斜嵴（其它双尖牙则相反）。殆面观，上颌双尖牙的近中颊殆角较大于远中颊殆角（其它双尖牙的颊、舌尖都是近中颊角较小）。上颌双尖牙根中部多分颊舌二根，不分根者，则根的近中面明显的纵凹。

（3）上颌第二双尖牙的特点：牙冠部较上颌第一双尖牙短小些，其殆面约为椭圆形；

多为单根，分叉者少见。

2. 下颌双尖牙（图2—1—13、14）

(1) 共同特点：牙冠部和𬌗面的形状较上颌者为小些，约呈圆形；牙冠部向舌侧倾斜较明显，其舌面的𬌗1/3向内凸悬；下颌双尖牙都是圆形，单根。

(2) 下颌第一双尖牙的特点：下颌第一双尖牙的颊尖较下颌第二双尖牙长而锐，约占冠部的4/5，面舌尖低而小。下颌第一双尖牙的颊舌尖都向近中偏移（因其近中斜嵴短于远中斜嵴）。

(3) 下颌第二双尖牙的特点：下颌第二双尖牙为三尖型时，其近中舌尖较远中舌尖宽大些。

（四）磨牙

磨牙较大，牙尖多，根多，与其它牙较易区分。但同颌磨牙间的识别有时有些困难，如第二磨牙冠部多与第一磨牙相似，其形态变异者也较多。

1. 上颌磨牙（图2—1—15至17）

(1) 𬌗面的近中舌尖和远中颊尖间有一斜嵴相连，此为上颌磨牙所特有；

(2) 𬌗面约为斜方形；

(3) 冠部的颊舌径大于其近远中径。

(4) 有三个根，两个颊侧根和一个舌侧根。

(5) 近中舌尖最大，远中舌尖最小。

(6) 上颌第一磨牙的近中舌尖的舌面常有名为Carabelli's结节的第五尖。

2. 下颌磨牙（图2—1—18至20）

(1) 𬌗面的近中颊尖和近中舌尖间的三角嵴相连而成横嵴；

(2) 为5个尖时，以近中颊尖为最大、最长，而远中尖为最小；

(3) 𬌗面呈梯形，其颊侧近远中径大于其舌侧者；

(4) 根分为近中、远中两个扁根；

(5) 下颌第一磨牙的远中根约有1/5分为远中颊舌两根；

(6) 下颌第二磨牙的远中根分叉罕见。

3. 上、下颌磨牙顺位的特点

(1) 牙冠的大小：第一磨牙＞第二磨牙＞第三磨牙；

(2) 牙冠的后半部在颊舌径方面向后显得逐个变窄些；

(3) 根部越向后逐个显得更细些；

(4) 根的分叉逐个变得聚拢些。

（宋宏伟）

第三节　牙的人种鉴别

一、铲形切牙

铲形切牙（shovel-shaped incisor）是上下切牙舌面由两侧边缘嵴及其间的凹窝共同表现的特点（Muhlreiter 1870）。

这种铲形切牙具有显著的种族的特征，在黄种人中（包括中国人、日本人、爱斯基摩人、美洲印第安人）最为常见（Hrdlicka 1920），其出现率约为 75—100%。而在白种人及黑种人分别为 9%及 11%。

铲形牙的发生在黄种人有种系的特点，自北京猿人至现代黄种人有遗传的连续性（Weidenreich 1937）。铲形切牙具有种族特征的发现人 Hrdlicka（前华盛顿斯密生博物馆体质人类学馆馆长）将其分为 4 度：

（1）铲形：有釉质边缘及充分发育的凹窝；

（2）半铲形：釉质边缘仍然清楚，凹窝较浅；

（3）有釉质边缘痕迹，但难以列入半铲形；

（4）非铲形：无釉质边缘或凹窝的痕迹，或有极微弱的痕迹。

与上述类似的分类法大都分为：显著、中度、轻度和痕迹。但轻度和痕迹的确定不可避免地会有主观性。

在牙齿中像铲形切牙这样具有显著的种族特征的，几乎是唯一的，其他一些指征多止于频率的多少而已。

二、牙的大小

一般而言，高大的人牙大，矮小的人牙小。澳洲土著、美洲印第安人、爱斯基摩人、美拉尼西亚人和波里尼西亚人，多见大牙并有长而宽的牙冠。南非布西曼人（Bushmen）、拉布兰人（Lapps）和西伯利亚人，身材矮小，牙小。欧洲人变化较大。美国黑人牙冠平均值较大。

绝大多数人的磨牙，由第一至第三是逐次变小的。澳洲土著则有第二磨牙最长的倾向。印第安人、班图人和布西曼人则由第一至第三逐次增大。

白种人上颌侧切牙常较中切牙为小，而阿留申人（Aleuts）的上颌切牙大小相同。

白种人的上颌尖牙牙冠宽常较上颌中切牙略宽，其尖牙宽指数（canine breadth index，100×上尖牙近中远中径/上中切牙近中远中径）为 106.3，较爱斯基摩人（100.3）及日本人（101.5）为大。

澳洲土著牙根甚长；布西曼人牙根长而牙冠甚短；拉布兰人牙根短而牙冠甚高；黄

种人的牙根不论是相对的或绝对的，都较短，且其磨牙牙根多趋向融合，很少分散。

三、卡拉贝里结节

卡拉贝里结节（Carabelli's cusp or complex）是 Von Carabelli 在 1842 年发现的。是在上颌磨牙舌面存在的一种副牙尖（accessory cusp）。这一特征的出现、大小以及位置都有很大的变异。一般按下述顺序，其发生的频率减少：第二乳磨牙，第一、第二、第三磨牙。其大小，由明确可以辨认的牙尖到小的线条状或偏斜的沟状，甚至为裂隙所代替。此结节可单侧出现，也可双侧出现。第二乳磨牙及第一恒磨牙上的结节常位于舌面的近中半；而第二磨牙上的结节常位于更远些的位置上。

此结节又称为第 5 牙尖，在黄种人甚少见或罕见；在白人，其出现率为 35—50%。格林兰爱斯基摩人无此结节，但其与白人的混血儿，频率为 29%。此结节与尖牙宽指数被称为白种人牙冠的组合特征（Caucasoid dental complex）（Hanihara，1967）。

此结节有遗传性，Kraus（1951）进行家系调查认为有 3 种基因型：

cc：不存在卡拉贝里结节；

Cc：此特征的中间表现；

CC：可出现明显的结节。

这一观点尚未得到确切的证明。各种程度的结节出现率表明，此结节的遗传途径比较复杂，迄今为止，用单纯的孟德尔方式解释此结节的遗传都未获成功。

四、下颌磨牙牙尖数目与沟型

一般在磨牙殆面可见 5 条沟，其中颊舌侧沟合称为横沟，近远中沟合称为纵沟。横沟与纵沟的交叉有 3 种形式：

Y 型：近中舌尖与远中颊尖相连接；

十型：纵横沟交于一点呈十字形；

X 型：近中颊尖与远中舌尖相连接。

将殆面所有的牙尖数写于各型的右下方，表示沟型与牙尖数。据中村调查日本人的沟型频率如表 2—2—2 所示。

表 2—2—2　　日本人的沟型频率（%）

牙齿	Y_5	Y_4	$+_5$	$+_4$	X_5	X_4
第一磨牙	62.8	1.7	29.4	3.8	2.0	0.3
第二磨牙	2.3	1.5	27.9	43.7	11.7	12.9
第三磨牙	1.8	0.0	24.6	22.8	24.6	26.3

（中村）

与日本人类似，我国人下颌第一磨牙多数是恒定的 Y_5 型（占 68.6%）；第二磨牙中

$+_4$和X_5型较多，但二者之和仍不及一半。

Y_5型是基本型，Gregory-Hellman 称之为森林古猿型（Dryopithecus pattern），认为这种基本型来源于北京猿人。

沟型有种族的差异，各人群的沟型频率如表 2—2—3 所示。

表 2—2—3　　各人群的下颌磨牙沟型与牙尖数（%）

人群	报告人	牙数	Y_5	Y_4	$+_5$	$+_4$
		第一磨牙				
日本人	中村（1957）	3 934	62.8	1.7	31.4	4.1
格林兰爱斯基摩人	Pedersen（1949）	169	95.8	0	3.0	1.2
印第安人（美洲）	Dahlberg（1949）	162	99.4	0	0.6	0
西非黑人	Hellman（1928）	97	99.0	1.0	0	0
美洲黑人	Hellman（1928）	179	98.0	1.0	1.0	0
欧洲白人	Hellman（1928）	98	87.0	7.0	2.0	4.0
荷兰人	Jrgensen（1955）	1 242	64.3	8.2	23.7	3.8
丹麦人	Jrgensen（1955）	272	62.9	3.0	33.3	0.8
		第二磨牙				
日本人	中村（1957）	3 810	2.3	1.5	39.6	56.6
格林兰爱斯基摩人	Pedersen（1949）	128	18.7	4.7	42.2	34.4
美洲印第安人	Dahlberg（1949）	89	2.0	1.0	69.0	28.0
西非黑人	Hellman（1928）	96	17.0	12.0	8.0	63.0
美洲黑人	Hellman（1928）	218	6.0	21.0	24.0	49.0
欧洲白人	Hellman（1928）	110	0	5.0	1.0	94.0
荷兰人	Jrgensen（1955）	1 287	2.6	16.4	10.2	70.8
丹麦人	Jrgensen（1955）	325	1.2	16.0	9.2	73.6
		第三磨牙				
日本人	中村（1957）	114	1.8	0	49.1	49.1
西非黑人	Hellman（1928）	88	20.0	3.0	59.0	17.0
美洲黑人	Hellman（1928）	187	4.0	3.0	63.0	30.0
欧洲白人	Hellman（1928）	74	4.0	0	34.0	62.0
荷兰人	Jrgensen（1955）	904	4.4	6.8	51.6	37.2
丹麦人	Jrgensen（1955）	260	4.6	9.0	52.7	33.6

（中村）

五、额外牙与缺失牙

额外牙又称多生牙（supernumerary teeth）是超过正常牙数多生出的牙，多见于切牙

部位。一般的发生率为 0.3—2.7%。特殊的是有人长出第 4 磨牙，多见于澳洲人、布西曼人和黑人。

缺失牙 (missing teeth) 主要是第三磨牙缺失，在爱斯基摩人甚为常见；有 40%的阿留申人上下颌第三磨牙缺失。缺失牙在黄种人中也较多见。

（贾静涛）

第四节　牙的性别鉴别

在法医学上，现时对于牙的性别鉴别主要依靠性染色质检查以及 DNA 指纹图、PCR 技术等来解决，牙的形态、物理性质与化学组成也有一定的性别差异，但根据这些差异尚乏应用的实例。为了有助于了解这一方面的有关知识，现将有关内容概要介绍如下。

一、牙与牙弓测量值的性差

（一）牙体测量值的性差

一般牙体的测量值有 7 项，包括全长、冠长、根长、冠宽、颈宽、冠厚和颈厚。有关中国人的测量值已在前一章中予以介绍。但尚乏性别差异的统计资料。栗震亚等 (1983) 曾就中国人（男 70 例，女 80 例）的牙冠宽度进行研究，其结果如表 2—2—4。其中上颌切牙、尖牙、第一、第二磨牙和下颌尖牙、第一、第二磨牙的性差具有统计学的显著意义。尤其是下颌尖牙的性差最大，为 5.6%。

表 2—2—4　牙冠宽度的性别差异　(mm)

牙序	男性		女性		性差	男性		女性		性差
	均值	SD	均值	SD	(%)	均值	SD	均值	SD	(%)
	上		颌			下		颌		
1	8.57	0.40	8.37	0.40	2.4*	5.37	0.23	5.34	0.28	0.6
2	7.07	0.50	6.85	0.43	3.2*	6.08	0.32	5.99	0.32	1.5
3	8.09	0.45	7.78	0.42	4.0*	7.16	0.41	6.78	0.29	5.6*
4	7.30	0.41	7.30	0.31	0	7.05	0.41	6.93	0.33	1.0
5	6.79	0.44	6.75	0.32	0.6	7.02	0.38	6.94	0.37	1.2
6	10.56	0.47	10.14	0.46	4.1*	11.39	0.46	11.07	0.42	2.9*
7	9.60	0.66	9.32	0.55	3.0*	10.17	0.59	9.82	0.63	3.6*
合计	57.98		56.51		2.6	54.24		52.92		2.5

*：$P<0.01$　（栗震亚等　1983）

権田 (1959) 就日本人拔下牙 3 000 颗，进行了冠长、冠宽、冠厚、根长、全长等 5

项指标的计测，其结果如表 2—2—5。性差最明显的是上下颌尖牙，最不明显的是切牙和双尖牙，其结果与我国人的大体相似。

Garn 等（1964）就美国人牙齿进行了测量，并求出两性的比值，列出性差大小的顺位，其结果如表 2—2—6。也是以尖牙的性差为最明显，尤其是下颌尖牙，与我国人和日本人的结果一致。其次性差明显的是上下颌磨牙，也与我国人的结果相一致。

表 2—2—5　　日本人牙体计测值的平均值与性差　　（mm）

牙　序	冠长		冠宽		冠厚		根长		全长	
	均值	性差（%）	均值	性差（%）	均值	性差（%）	均值	性差（%）	均值	性差（%）
上颌										
1	11.49	3.6	8.67	1.2	7.35	1.4	12.04	5.1	23.65	5.2
	10.99		8.55		7.28		11.42		22.52	
2	9.87	4.1	7.13	0	6.62	1.5	12.26	5.0	22.39	5.0
	9.45		7.05		6.51		11.67		21.29	
3	10.44	4.9	7.94	2.6	8.52	4.8	16.19	6.1	25.92	6.0
	9.91		7.71		8.13		14.27		24.39	
4	8.38	3.6	7.38	0	9.54	2.1	12.11	3.4	20.66	3.9
	8.10		7.37		9.43		11.67		19.90	
5	7.63	2.7	7.02	1.4	9.41	2.2	13.26	7.8	21.01	5.9
	7.37		6.94		9.23		12.34		19.80	
6	6.95	3.6	10.68	1.9	11.75	3.4	11.87	4.3	18.50	2.2
	6.70		10.47		11.40		11.35		18.11	
7	7.16	7.2	9.91	2.0	11.85	5.2	11.89	2.6	19.04	3.8
	6.73		9.74		11.31		11.56		18.28	
下颌										
1	8.57	0	5.48	0	5.88	1.7	11.46	8.1	20.06	3.0
	8.56		5.47		5.77		10.55		19.50	
2	9.00	3.4	6.20	1.6	6.43	1.6	12.28	5.0	21.43	1.8
	8.65		6.11		6.30		11.72		20.63	
3	10.10	5.1	7.07	5.8	8.14	7.7	14.11	5.8	24.51	6.3
	9.59		6.68		7.50		13.26		22.99	
4	8.24	1.2	7.31	1.4	8.06	3.8	13.01	4.7	21.42	3.8
	8.09		7.19		7.77		12.40		20.60	
5	7.69	4.0	7.42	1.4	8.53	2.4	13.19	5.4	20.92	3.0
	7.40		7.29		8.26		12.49		20.04	
6	6.70	4.6	11.72	3.5	10.89	2.8	13.44	3.0	20.09	3.0
	6.43		11.32		10.55		13.03		19.53	
7	6.47	4.7	11.30	3.6	10.53	3.0	13.39	5.4	19.65	4.7
	6.20		10.89		10.26		12.72		18.81	

［注］上行数字：男性　　下行数字：女性　　（据原表修改）　（権田　1959）

表 2—2—6　　美国人牙齿大小的性差

牙　序	男	性	女	性	♂/♀	♂/♀
	牙数	均值	牙数	均值	比值	顺序
上颌						
1	103	8.78	131	8.50	103.3	12
2	100	6.70	126	6.45	103.9	8
3	92	7.93	120	7.47	106.2	2
4	98	7.16	127	6.91	103.6	9
5	96	6.84	118	6.62	103.3	10
6	103	10.17	131	9.78	103.9	6
7	74	10.08	101	9.66	104.3	5
下颌						
1	102	5.39	128	5.32	101.3	14
2	105	6.03	129	5.86	102.9	13
3	101	7.00	127	6.58	106.4	1
4	102	7.27	126	7.00	103.9	7
5	89	7.26	117	7.03	103.3	11
6	105	11.39	128	10.87	104.8	4
7	66	10.67	84	10.09	105.7	3

(Garn et al 1964)

(二) 牙弓的性差

牙弓有无性差学者间曾有所争执，有的认为牙弓的宽度、长度和面积在男性均比女性为大；有的认为看来男性比女性的数据大，但无统计学的意义。延岛（1963）计测了男 127 人，女 85 人的牙弓石膏模型，计算其相关计系数，认为牙弓确有性差。栗震亚等（1983）就中国人（男 70 例，女 80 例）的牙弓石膏模型计测了牙弓的宽度、长度和角度，认为前二者有性差，而牙弓角度无性差。

1. **牙弓宽度**　计测了各段牙弓的宽度，其结果如表 2—2—7。各段牙弓的宽度均为男性大于女性，其差异都有统计学的显著意义（$P<0.05$）。

2. 牙弓长度　计测了前段、前中段长度和牙弓全长，其结果如表 2—2—8。前段、前中段长度的性别差异无统计学的意义（$P>0.05$），但牙弓全长的性别差异则有统计学的显著意义（$P<0.05$），即男性牙弓全长比女性为大。

表 2—2—7 **牙弓宽度的性差** (mm)

弓宽分段	男性 例数	范围	均值	SD	女性 例数	范围	均值	SD
3—3	70	32.0—39.0	36.19	1.55	80	31.7—38.7	35.19	1.67
4—4	70	34.6—43.6	38.58	1.92	80	34.1—40.4	37.05	1.83
6—6	70	46.7—54.7	50.03	1.97	80	42.2—52.1	47.06	2.21
7—7	64	48.2—50.1	54.20	2.50	74	47.3—57.4	52.20	2.51

(据原表修改)(栗震亚等 1983)

表 2—2—8 **牙弓长度的性差** (mm)

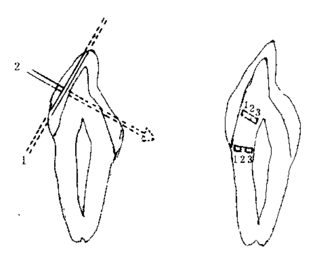
	例数	前段 均值	前段 SD	前中段 均值	前中段 SD	全长 均值	全长 SD
男	70	8.19	1.22	16.36	1.30	30.11	2.13
女	80	8.09	1.06	16.24	1.42	28.57	1.92
计	150	8.10	1.14	16.26	1.36	29.80	2.04

(据原表修改) (栗震亚等 1983)

二、物理学的性差

(一) 釉质分光透射率的性差

由唇舌方向取牙釉质切片磨片，由图 2—2—3 所示的部位取材，由分光光度计在可



左：分光透射率用取材部位
1：取材部位 2：测定方向

右：比重测定取材部位
1. 外层 2. 中层 3. 内层

图 2—2—3 釉质分光透射率与比重测定的取材部位
(仿自羽贺 1959)

见光下检测其分光透射曲线，分别求出在波长为400nm、500nm和600nm时的分光透射率（spectro-penetrating ratio）。然后按下式求出其透射率的平均斜率：

$$透射率平均斜率=（透射率_{600nm}-透射率_{400nm}）/2$$

上式所表示的是相当于波长为100nm的透射率斜率。其平均值男性为5.4±0.3，女性为4.7±0.3（表2—2—9）。有显著的性差（$P<0.05$）。即釉质分光透射率的平均斜率在男性比女性为高。

羽贺认为，釉质分光透射率平均斜率之所以有性差，与釉柱粗细的性差、结晶粒子大小的性差以及有机质分光分析的差异等有关系。羽贺还认为，本法的取材部位以及后述的比重测定取财部位都属于牙齿中物质容易透过的部位。由于唾液有性差，影响到上述各部位所含有机质出现性差或其钙化程度出现差异，结果使釉质分光透射率和牙本质比重产生两性差异。

表2—2—9　釉质分光透射率的测定

例号	透射率（%）			平均斜度
	400nm	500nm	600nm	100nm
男性				
11	5.9	10.3	15.8	4.9
12	6.1	11.0	16.8	5.4
13	8.0	12.7	18.0	5.0
14	8.0	13.7	19.0	5.5
15	10.0	14.9	20.7	5.4
16	10.1	17.0	23.3	6.6
17	10.9	16.8	23.5	6.3
18	11.5	16.1	20.1	4.3
				平均5.4±0.3
女性				
21	6.6	10.9	16.1	4.8
22	6.8	11.2	17.3	5.3
23	12.0	16.1	19.3	3.7
24	10.0	14.0	18.1	4.1
25	10.1	16.0	21.1	5.6
26	10.7	15.5	18.7	4.0
27	16.9	20.8	25.9	3.6
28	15.0	19.0	22.1	5.0
				平均4.4±0.3

（羽贺）

（二）牙本质比重的性差

1. 比重的浮游测定法（hydrostatic test for specific gravity）本法适于微细粉末状检材的比重测量。一般先作成一定的比重系列（如不同浓度的蔗糖溶液），然后依次进行浮游试验。分别取比检材的比重估计值大的液体和小的液体，逐次混合并观察检材的浮游情况。当检材不浮不沉处于静止位置时，记录两液的混合量，依以下公式计算出混合液的比重。

$$\rho = (\rho_1 X + \rho_2 Y) / (X + Y)$$

式中　ρ：混合液的比重

ρ_1：比检材的比重估计值大的液体的比重

ρ_2：比检材的比重估计值小的液体的比重

X：比重大的液体的用量

Y：比重小的液体的用量

2. 牙本质比重的测定　羽贺（1959）就人牙不同部位的牙本质，用浮游法测定其比重，确认牙本质比重有两性的差异。比重大的液体用三溴甲烷（$\rho=2.89$），比重小的液体用苯（$\rho=0.88$）。分别取二液适当量，入试管中密封，3分钟内测定。检材是由牙的中央矢状切断制成磨片，按图2—2—3所示的部位取材。如上式计算，其结果如表2—2—10所示。牙冠部中层牙本质和牙颈部各层牙本质的比重都有性别的差异。

表2—2—10　　牙本质不同部位的比重

性别	牙冠部			牙颈部		
	外层	中层	内层	外层	中层	内层
男	2.191 ±0.005	2.188 ±0.005	2.110 ±0.007	2.185 ±0.007	2.164 ±0.005	2.075 ±0.009
女	2.182 ±0.008	2.161 ±0.005	2.093 ±0.009	2.142 ±0.004	2.128 ±0.004	2.038 ±0.007

（羽贺 1959）

三、化学分析的性差

按 Bernadskij 法，人的毛发、肌肉及其他组织都有两性的差异。取其一定量加苛性碱加热，直至有机质完全分解，然后以一定浓度的酸中和，其中和量因男女而异，女性的用量要比男性为多，可借以判定性别。

山岸（1959）考虑到牙与毛发虽然外观不同，但在胚胎发生上二者都属外胚叶和中胚叶，为同源器官，因将 Bernadskij 法加以改良，用于牙齿的性别推定。其后竹田又将本法用于颌骨性别的推定。

（一）牙本质的性差

取一定量的牙本质粉末，加 50%KOH 溶液，加热至有机质完全分解，加 0.1mol/L HCl中和，依中和量之差，判定性别。山岸用已知性别的牙齿（男女各 200 颗）用本法检查，用 70%的女性牙齿需要较大的中和量。

山岸就各牙群的牙进行试验发现其中很少有差别，但随年龄的增加其中和量有减少的倾向。在空气、土中以及水中各放置约 3 个月，仍可得到同样的结果。认为使用本法进行性别判定，其准确性较好。

（二）颌骨的性差

竹田（1960）用山岸的方法就颌骨（牙槽缘的骨质）进行检查，其判定男性性别的频率达 75%。其所用中和量在女性比男性显著为多（$P<0.05$）。放置在空气、土中以及水中的颌骨，均得到同样的结果。

四、判别函数分析

最早采用判别函数分析法判定牙齿性别的是 Ditch 和 Rose（1972），其后有许多学者进行了这一方面的研究。但是所提出的判别函数分析法大都以几个种类的牙齿测量值为基础，其实际应用的价值尚待观察。

Ditch 和 Rose 就北美印第安人（男 39，女 40 具）骨骼的上下颌牙齿（中切牙—第一磨牙）测量其近中远中径（M—D）和颊舌径（B—L），经过统计分析提出的判别函数方程如表 2—2—11 所示。所得 Z 值小于临界值为女性。

表 2—2—11　　北美印第安人牙齿性别判别函数

判别方程	临界值	例数		准确率		
		男	女	男	女	平均
上颌						
$Z=1.030c-0.939d+0.721a$	0.686	18	25	77.8	96.0	88.4
$Z=1.234c-0.353h+1.141i-0.800g-0.915d$	0.656	21	23	85.7	95.7	91.0
下颌						
$Z=1.068m+0.061k-0.097l$	0.830	18	25	88.9	92.0	90.7
$Z=1.844m-0.606p+0.138o+0.441t-0.711q$	0.804	21	23	90.5	87.0	88.7

续表

判别方程	临界值	例数 男	例数 女	准确率 男	准确率 女	准确率 平均
上颌＋下颌						
Z＝0.734m＋0.782c－0.904d＋0.693a	0.752	18	25	88.9	92.0	90.7
Z＝1.526m－1.302d＋1.094i－0.970d＋0.837c	1.182	21	23	90.5	100.0	95.5

表中符号：　(Ditch 和 Rose，1972)

上颌：a 中切牙 B—L　c 尖牙 B—L　d 尖牙 M—D　g 第一双尖牙 B—L　h 第二双尖牙 M—D　i 第一磨牙 B—L

下颌：k 中切牙 B—L　l 中切牙 M—D　m 尖牙 B—L　o 第一双尖牙 B—L　p 第一双尖牙 M—D　q 第二双尖牙 B—L　t 第一磨牙 M—D

（贾静涛）

五、应用云纹方法判定牙的性别

云纹方法（Moiré method）是由 H. Takasaki（1970）最先提出的，可用来进行三维空间的测量。其原理是光线通过光栅而产生干涉现象，在被照物体表面形成云纹样明暗相间的、连续的轮廓线，即等高线。等高线的形状及密度所反映的是物体的三维立体外形，可在其二维照片上获得物体的三维测量数具和形态。

第一张牙齿云纹照片是由 H. Sakura（1976）拍摄的，以后又有 E. Kanazawa 和 T. Ozaki（1983，1984，1985）等人先后应用云纹方法对牙齿进行研究。T. Kuwana（1983）和 T. Suzuki（1984）应用该技术分别对上、下颌尖牙进行三维空间的测量，然后求出性别判别方程，效果较好。

T. Kuwana 所用仪器为投影型高精密度云纹地形仪（FMP—80，Fuji Koki Co.，Ltd），其主要由三个部分组成，即光源、光栅和照相机。光栅间距为 0.20mm。所用材料为上颌 52 颗尖牙（男性 22 颗，女性 30 颗），性别已知且磨耗很轻，无病损。分别拍照唇侧、舌侧、近中侧和远中侧四个牙冠表面的云纹图，每次拍照前，都要调节牙体长轴与光栅平面平行，且使被拍照面接近光栅（0.15mm）。拍照后，将云纹照片放大 5 倍，然后在照片上测量。

在云纹照片上，可见紧密排列的黑白条纹。从内到外，将延续到牙颈部的唇侧和舌侧的前 6 条黑色纹线和近中侧和远中侧的前 4 条黑色纹线描在描图纸上。然后，用测面积仪（PLANIX3 型，Tamaya Shoten Co.，Ltd.）测出每条云纹线所围的面积。如唇侧的面积 L_aS_1（第 1 条纹线所围的面积）、L_aS_2（第 2 条纹线所围的面积）、……、L_aS_6（第 6 条纹线所围的面积）。同理可测得舌侧面积 L_iS_1—L_iS_6，近中侧面积 M_iS_1—MS_4 和远中

侧面积 DS_1—DS_4。将纹线所围面积分别与光栅间距 0.20mm 相乘，即分别求得每一部分的体积，即唇侧面体积 L_aV_1（达到第 1 条纹线的体积）、L_aV_2（达到第 2 条纹线的体积）、……L_aV_6（达到第 6 条纹线的体积）。同理可求舌侧体积 L_iV_1—L_iV_6；近中侧体积 MV_1—MV_4；远中侧体积 DV_1—DV_4。所求得的男、女各部分体积值的均值及标准差见表 2—2—12。可见，除 MV_1 外，所有体积值均为男性显著大于女性，说明男性尖牙牙冠较女性的大。应用体积值进行多元逐步判别分析，获得性别判别方积（F 值取 2.0）：

表 2—2—12　两性上颌尖牙各部分的体积　（单位：mm^3）

测量项目		男性		女性		t
		均值	标准差	均值	标准差	
唇侧	L_aV_1	2.2	1.26	1.6	0.88	*
	L_aV_2	7.5	3.31	6.0	2.08	*
	L_aV_3	16.0	6.13	13.2	3.50	*
	L_aV_4	27.4	9.60	23.0	5.44	*
	L_aV_5	41.5	13.53	35.0	7.88	*
	L_aV_6	58.3	18.15	49.2	10.70	*
舌侧	L_iV_1	1.3	0.44	1.0	0.46	*
	L_iV_2	4.7	1.02	3.8	2.90	*
	L_iV_3	9.8	1.72	8.2	3.43	**
	L_iV_4	16.5	2.63	14.0	3.67	**
	L_iV_5	24.7	3.83	21.3	3.68	**
	L_iV_6	34.3	5.22	29.9	3.64	**
近中侧	MV_1	2.1	0.78	1.7	0.87	
	MV_2	7.3	2.10	6.0	2.00	*
	MV_3	15.9	4.10	12.7	3.42	**
	MV_4	27.8	6.24	21.8	5.12	**
远中侧	DV_1	1.6	0.70	1.2	0.55	*
	DV_2	5.1	1.54	4.1	1.27	*
	DV_3	10.4	2.47	8.9	2.22	*
	DV_4	17.8	3.45	15.3	3.50	*

$$Z = 0.597L_aV_1 + 0.379L_iV_5 - 0.547MV_3 + 0.481MV_4 + 1.613DV_1 - 16.522$$

如 $Z>0$，则判为男性；如 $Z<0$，则判为女性。

样本回代结果表明，该方程判别率为 84.6%，具有一定的实际应用价值。

（李春彪）

第五节　义齿的鉴别

对面貌全非的无名尸体或颅骨，可根据义齿的有无，材料的来源、种类与成分，加工过程，操作手法，技术特点以及义齿的特征等进行法医鉴定。郑德滋（1985）曾对这方面的工作作过详细的总结，今介绍如下。

一、镶牙材料

1. 金合金　常用配方由金、银、铜三者组成。法定标准用 K 为单位，规定 24K 金为纯金，每 K 含金量为 4.15%（24K 含金量为 99.6%）。镶牙以用 20—22K 金为宜。22K 金含 Cu、Ag 各 1 份；20K 金含 Cu、Ag 各 2 份。

2. 铜合金　常见有白铜、青铜和黄铜三种。牙科多采用黄铜合金，常用配方为 Cu50、Ag25、Cd25。

3. 白合金　种类较多，用途较广，因用途不同而异。牙科多采用镍铬合金，常见配方为 Ni85.15，Cr9.28，Cu3.25，Fe1.78，Al 及 C 微量。

4. 塑胶：俗称塑料（包括牙托）。常用配方有甲基丙烯酸甲酯和丙烯酸甲酯等。

5. 卡环丝：常用 18—8 铬镍合金（不锈钢）制成。有粗细之分，常见有 0.5—1.0mm，用于活动义齿。进口产品弹性强，国内产品硬度较差，可供鉴别。

6. 白瓷：由粘土、长石和石英等无机物混合加工而成。国内采用加金钉的有中国、美国、日本等制品，其牙横断面常标有外文或编号等字样。加金钉的俗称合金钉瓷牙，规格型号分 21—28 种，色号分 1—6 种，可供鉴别。

二、加工步骤

1. 铸造成型：多采用铜或铜合金铸造桥体，供缺失部分之用，其厚度因牙而异。

2. 锻工成型：多采用白合金片或金质片，锻工桥体，供缺失部分之用。

3. 白合金冠：1964 年前多采用白合金片，日本产品精细，国产品粗糙程度、色泽、硬度各异，制作有焊接缝口。1964 年后多采用无缝冠套作固定齿固位体，其厚度多在 0.6mm 左右。

4. 焊接合金：多采用 Ag、Cu、Zn，另有 Sn、Cd、Mn、Ni 等做焊接之用。

三、金牙鉴别试验

金（Au）呈金黄色，光泽度强，质地柔软，延展性大，比重 19.2，熔点 1 062℃，溶于王水，而不溶于其他酸类。

1. 试金石试验　于试金石上磨擦，其所显颜色与预知成分的合金比较，以定其成分。

2. 溶解试验：取金合金在试金石上划出条痕，先加盐酸溶解，水洗，若其密度减小，说明铜被溶解；再加硝酸溶之，其密度再减，说明银被溶解；后加0.03—0.15%氰化钠，若条痕消失，说明金被溶解。根据条痕变化与标准条痕对比，可得近似含金量。

3. 高温试验：点燃乙炔发生器，使检体炽热，然后改用盐酸处理，若是真金仍显金黄色，光泽不变；若系合金，其光泽度减退或消失。铜牙燃后变黑。

4. 磨擦试验：取金属于白纸上磨擦，若系真金，白纸颜色不变；若系合金，白纸变黑或其他颜色。

5. 硝酸试验：取硝酸滴入被检金属上，若含铜则显蓝色；若为真金则其色不变。

四、义齿使用时间的推定

固定义齿磨耗的规律性较稳定，用其推算年龄，准确性较好；活动义齿因使用情况不同，差异很大。

义齿中，白合金义齿硬度较高，但贴附性较差，故寿命较短；金质牙和铜合金，硬度虽较低，但贴附性较好，故可延长寿命，比前者多3—5年。

根据白合金牙磨耗度推定使用时间：

（1）点状磨耗：约3—4年；

（2）斑点状磨耗：约7—8年；

（3）斑点增大并出现磨穿点，冠顶露出牙本质：约17—20年。

以冠套厚度推算使用期间：

（1）冠套寿命长者可达24年或更长；以20年为一般使用期。

（2）一般牙冠厚度为0.6mm，若冠顶磨耗约0.1mm，则其推定使用期间约为3.3年。

5. 白瓷牙硬度高，可使用15—20年以上，但其脆性大，易碎，多在10年左右即须更换；塑料牙硬度低，耐磨性差，多经4—8年即须更换。

五、义齿鉴定的意义

1. 义齿材料的地区差异：在城市用高级材料和活动义齿多于农村；农村因条件所限，常采用铜合金代替黄金做义齿材料。

2. 风俗习惯：新疆、陕西、云南等地，姑娘出嫁前好把右上侧切牙镶上金牙，加以装饰。

3. 制作技术的差异：大中城市的镶牙技术较城镇为高，制作较精细；农村和边远地区，义齿的制作较粗糙。

4. 制作义齿的个人特点：牙医制作义齿各有自己的习惯和技术特点，在同行之间最为熟识，可经当地牙医协助鉴别，以找到制作该义齿的牙医，进一步检明死者的身源。

鉴定实例：（郑德滋，1985）

例 1，在胶东平度县南仲一水井中发现一头骨，上附肌肉少许。

（1）牙齿光泽度较差，表面有浅黄色斑点（氟中毒）。查平度北乡人牙齿黄色斑点较重，南乡人较轻，推定死者是平度南乡一带人。

（2）死者上颌 4 个切牙镶有义齿。上中切牙材料为白塑料，内有白金属衬托；两侧切牙为赤金冠套，左侧者有唇面开窓，右侧者无。两枚金牙都是对着焊接的，镶嵌精细。

（3）据了解，当地公立医院多做活动桥，桥体多采用白合金，由采用赤金冠套及制工精细，推定该义齿出自私营有经验的老牙医之手。

（4）请牙医同行辨认，系老牙医刘某所制。

（5）经刘某查对死者病历，弄清了死者身源。

例 2，惠民城关南园地水井中发现一具成年男尸，尸体腐败呈紫红色，头发和皮肤大部分脱落。

（1）上左第二双牙尖与第一、二磨牙为黄色金属封顶义齿，呈轻度点状磨耗，推定镶上时间约 2—3 年。

（2）金牙鉴定：

硝酸试验：呈蓝色反应；

磨擦试验：白纸变灰色；

加热试验：光泽减退。

结果：检体义齿为铜质或铜合金。

（3）经同行辨认，该义齿为牙医赵某所镶，通过赵某病历，查到死者身源。

（贾静涛）

参考文献

1. 孙廉。人类牙齿识别法——对应线角比较法和对比识别法的探讨。中华口腔科杂志。1981；16（4）：225—228。
2. Nash DJ, et al. Individual identification and the law enforcement officer. Springfield: Thomas. 1978: 95—98.
3. EL-Najjar MY, McWilliams KR. Forensic anthropology. Springfield: Thomas 1978: 45—51.
4. 郑德滋。谈义齿的法医学鉴定。中国刑警学院学报。1985；1：29—32
5. 藤田，桐野。歯の解剖学。東京：金原。1978。
6. 鈴木和男。法歯学。東京：永末書店。1988。
7. Krogman WM, Iscan MY. The human skeleton in forensic medicine. Springfield: C. C. Thomas. 1986.

8. 栗震亚等。正常殆牙及牙弓的研究。华西口腔医学杂志。1983；1(2)：19—24
9. Kuwana T. On sex difference of the maxillary canines as revealed by the moire stripes. Nihon Univ Den J 1983；57：88.
10. Suzuki T. et al. A study on sex determination based on mandibular canines. J Nihon Univ Sch Dent 1984；26(3)：246.
11. Takei T. Application of moire topography to forensic odontology. J Nihon Univ Sch Dent 1985；27(2)：87.

第三章　牙的发育与增龄性变化

在高度腐败尸体，烧死、溺死、白骨化尸体以及碎尸的尸块，往往需要用牙来鉴定死者的年龄。由于牙的坚固性，不仅能在长期内抵抗腐败的破坏，而且对热十分稳定，即使在火焰作用下，也常能保存下来。因此依靠牙常能得到死者年龄的有价值的资料。

最早从组织学上探讨牙本质的年龄性变化及其对磨耗的反应是 W. D. Miller(1890)。其后的一个世纪中获得了大量有关牙的年龄性变化的资料。概括起来有 3 个主要方面：(1) 在乳牙与恒牙形成与萌出过程中发生的变化；(2) 随着年龄的增加所发生的增龄性变化，或退行性变化；(3) 组织学上的变化。

第一节　牙的发育

根据牙的形成或发育所发生的变化推定年龄是比较准确的，特别是在少幼时期。一般可望判断准确的年龄，至少到 12 岁，有时更长。在牙的发育过程中所发生的变化主要有以下几方面：①矿化或钙化的开端；②牙冠的完成；③牙冠萌出于口腔中；④牙根发育的完成。许多研究资料为确定这些变化的时间奠定了可靠的基础。

一、胎生期

胎生期，乳牙牙冠的生长与钙化都是在颌骨内进行的。釉质与牙本质的形成与钙化首先发生于中切牙，大约始于胎内 4.5—5 个月。其后比较有规律地依次出现于邻接各牙。第二乳磨牙约在胎内 6 个月开始形成。

釉质与牙本质的发育是同时进行的。二者的形成都是一层接一层的，直到牙冠完成和牙根开始形成。釉质与牙本质的沉积每天都依一定的节律进行，沉积的厚度大约 4μm。釉柱沿长轴向外生长。由于每天生长的变异而形成明暗相间的带，直至釉柱停止生长，牙冠的发育便已完成。牙本质的带不如牙冠的清楚。

如果给一生长中的牙作切片，计测每日形成的带，所得带数即相当于牙开始形成后所经过的日数。这对于胎儿或乳牙形成中的幼儿，可以做为死亡时间推定的依据；但对于恒牙，由于开始钙化的时间变异很大，用此法推断难望得到准确的结果。

二、初生儿期

出生时，牙根形成尚未开始，牙冠也尚未萌出。但在颌骨内，乳切牙的牙冠已发育完成约 5/6；乳尖牙冠约完成一半。第一乳磨牙的牙尖刚刚完成，并已与冠联生；而第二乳磨牙的牙尖仅形成一半，且游离存在。

大约在出生时，第一恒磨牙的近中颊尖已开始形成，但由于钙化刚开始，由 X 线片上尚难看到。

在乳牙和第一恒磨牙，由于出生前已开始钙化，可以发现在出生前和出生后所形成的釉质或牙本质之间有一条特别加重的生长线，叫作新生线（neonatal line）（图 2—1—24）。一般认为是由于婴儿在出生时营养和外环境紊乱而发生的。釉质的初生线要比牙本质的清楚。

新生线的存在标志着初生儿是活产儿。由于新生线是在出生后形成的，所以在婴幼儿可由新生线后计数其每日产生的釉质带，借以推定其年龄。可惜，不是每个被检儿都能看到新生线，没有新生线并不意味着是死产儿。由于新生线大都形成于生后数日至 2 周之间，一个生后不久死去的新生儿可能没有新生线。

三、婴儿期

在婴儿早期（生后至 6 个月），第一恒磨牙和除上颌侧切牙以外的全部恒牙前牙都已开始生长和钙化。这些前牙大约是在第 4—6 个月间，依中切牙至尖牙的顺序开始形成的。而上颌侧切牙要在第 10—11 个月才开始形成。

在婴儿后期（6 个月至 1 岁），特点是乳切牙萌出于口腔中。在此之前乳牙的冠和根继续生长和钙化，为向口腔中萌出作好了准备。乳中切牙的萌出大约在第 7 个月，下颌牙早于上颌牙；接着是侧切牙。第一乳磨牙在第 1 年之末开始萌出。尖牙的萌出常较第一乳磨牙为晚。

四、幼儿期

幼儿期或学龄前期（即 2—6 岁）的牙发育有如下特点：（1）口腔内全部是乳牙；（2）乳牙已发生功能性或生理性磨耗；（3）乳牙牙根逐渐吸收；（4）第一恒磨牙和前牙的牙冠与根继续生长与钙化；（5）恒牙的双尖牙与第二磨牙开始生长与钙化。

到第 2 年之末，所有乳牙都已出齐，并处于功能性𬌗位。由于行使功能和进食较硬食物，乳牙已出现功能性磨耗。

恒牙双尖牙与第二磨牙的生长与钙化始于第2年伊始。同时，恒牙的前牙也在发育中，随着前牙的发育，颌骨也增长。到4—5岁时，在乳前牙间常出现空隙，以便适应较大的后继恒牙的生长。

大约到2岁3个月时乳牙根已完全形成，其后随恒牙在颌内的生长，乳牙的牙根逐渐被吸收。

五、学龄期

学龄期（6—12岁）的特点是乳牙的吸收、脱落和恒牙的萌出。故常称此期为混合牙列期（mixed dentition period）。

在学龄早期（6—10岁）伊始（6岁）有第一恒磨牙萌出，接着是切牙萌出于7—8岁之间。女性常较男性萌出为早，下颌牙先于上颌牙。

各个切牙并不是一齐出现在口腔中的。侧切牙常位于中切牙的舌侧，上颌中切牙间常留有空隙。但随颌骨的增长以及在舌和唇肌的作用下，各切牙才排成一列；由于尖牙的萌出，中切牙的间隙才得到补正。

在青春前期（10—12岁），与乳牙萌出时相似，尖牙的萌出常推迟，第一双尖牙的萌出总是先于尖牙。第一双尖牙常在10岁萌出，接着是第二双尖牙和尖牙在11—12岁萌出。第一双尖牙的作用对于尖牙的萌出来说如同一个扶壁，而尖牙则对于中切牙间隙起关闭的作用。牙萌出的这一顺序性对于牙的发育甚为重要。由于种族、性别、全身和局部条件的影响，各个牙的实际萌出年龄可能有较大的变异，但其萌出的顺序却总是恒定的。

如果由于某种原因，乳尖牙在成熟前丧失或延迟蜕牙，则第一双尖牙与侧切牙间的空隙将不再适于尖牙的萌出，晚萌出的尖牙将被迫出现于牙弓的唇侧位。

第二双尖牙萌出后不久，第二恒磨牙即在12岁萌出。这样，青春前期牙发育的特点是恒牙列的完成（第三磨牙例外）。这个特点是和儿童的整体成熟相关联的，在青春前期的儿童趋向于失去儿童的圆润性而向青春期发展。

应当注意的是第一恒磨牙在6岁时萌出标志着混合牙列的开始，而第二恒磨牙在12岁时的萌出标志着这一时期的结束。其他恒牙都是有规律地按顺序逐年萌出，唯有尖牙是个例外。

在整个混合牙列时期，也是错位咬合（错[牙合]，malocclusion）可能发生的时期。因为这时的牙列处于一种稀疏的状态，乳牙的成熟前拔出或延期蜕牙，舌与唇肌的异常习惯，咬指甲及其他种种情况都可以诱发错[牙合]的形成。

六、青春期—成年期

除第三磨牙外，恒牙列大致完成于青春期（12—15岁）。但在这一时期，牙根的发育

尚未全部完成。实际上，牙根的形成早在牙开始萌出前就已开始，待牙长到殆平面后仍继续发育。一般来说，在牙长到殆平面时牙根仅形成一半至 2/3。牙根最后 1/3 的发育以及牙根尖的闭合，因为牙的种类和个人性的不同，所需的时间有很大的变异。如第一恒磨牙需时 4 年，而第二恒磨牙则需时 6 年。

第三磨牙的形成与萌出变异很大，一般要在青年期（15—21 岁）才萌出到口腔中。从这一时期开始，牙的增龄性变化也开始了。

第二节　牙的发育图

一、综合牙图

关于牙的发育，半个多世纪来积累了大量的资料，综合牙图(composite dental charts)就是根据有关牙的发育与萌出的资料绘制面成的。1941 年 Schour 与 Massler 依据 Logan 与 Kronfeld(1933)的研究资料绘制了第一个牙的发育图。其后许多作者作了进一步的研究，1978 年 Ubelaker 总结了前人的工作，提出一个有关牙的形成与萌出的综合图(图 2—3—1a、b)，并被美国牙科学会所接受和为许多教科书所采纳。

这个综合牙图是牙发育的切面观，自胎内 5 个月至 35 岁共分 21 个年龄水平。每个水平都展示了一侧上下颌乳牙与恒牙牙冠的发育时期，牙根形成的程度以及牙萌出的情况。每个水平代表该阶段牙发育的平均年龄，并附有 Gray 与 Lamons(1959)提出的一个标准差的变异范围。

Ubelaker 声称他提出的这个综合图是为考古学判定印第安人遗体年龄而设计的，但它已受到欧洲人类学者专题讨论会的承认(1978)。这个综合图好像一张组织切片，可以作为个人、颅骨以及 X 线片直接比对的基础，从而得出年龄的判断。若正好处于某两个水平之间可取其近似值。

Garn 等(1958)提示在恒牙的萌出中可能有 3 种变异情况：①第二双尖牙在第二磨牙之前萌出；②第二双尖牙与第二磨牙同时萌出；③第二磨牙先于第二双尖牙萌出。Garn 等指出在有的人这些牙的牙冠钙化可能不按照实际牙萌出的顺序，或在这一过程中改变其顺序。Barrett 等(1964)就发现在澳洲土著中有这种变异。

二、Gustafson-Koch 牙发育图

1974 年，Gustafson 与 Koch 根据几个种族的 19 种资料绘制成一种新的牙发育图(图 2—3—2)，包括乳牙与恒牙的钙化，牙冠的完成与萌出，牙根的完成等。用一系列不同的三角形表示各个牙的发育，将三角形配置在横格线上用于年龄的比较。上述四种发育指标的时间变异用每个三角形底边的长度来表示。未分性别，取两性均值。此图比 Ubelaker 图

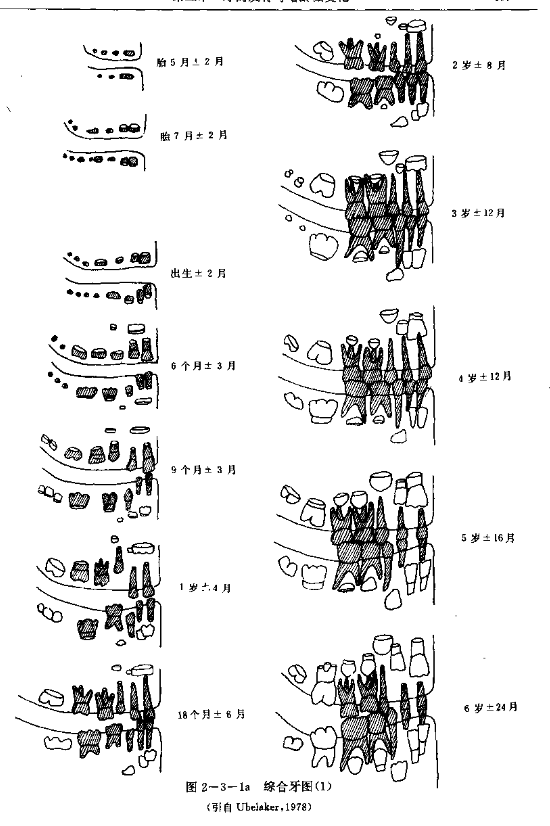


图 2—3—1a　综合牙图(1)

(引自 Ubelaker, 1978)

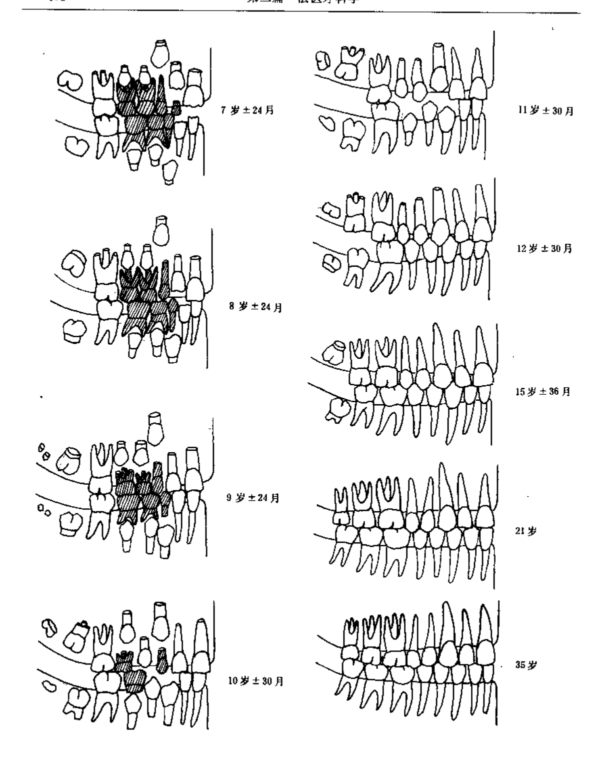
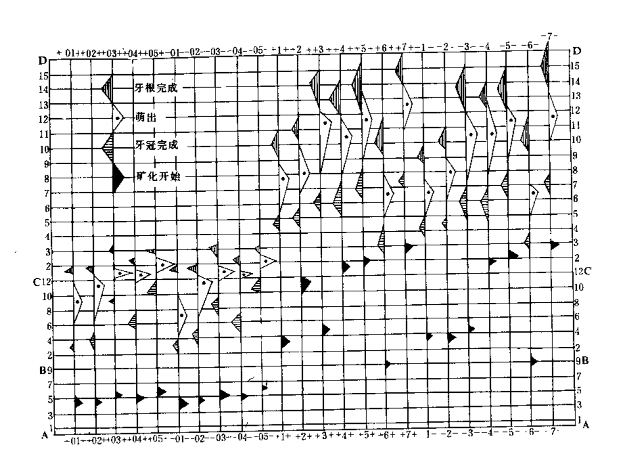


图 2—3—1b　综合牙图(2)

(引自 Ubelaker,1978)

的优点是显示了萌出时间的变异范围，但其图表的性质不如 Ubelaker 图易于理解。

Ubelaker 与 Gustafson—koch 牙发育图是两个有代表性的牙图，除此以外，还有一些作者根据不同目的编绘了供年龄鉴定用的牙图可供实际应用时参考。



A—B：宫内月数　B—C：1 岁月数　C—D：2—16 岁

+01+：上颌左右侧乳中切牙

—01—：下颌左右侧乳中切牙

+1+：上颌左右侧中切牙

—1—：下颌左右侧中切牙

图 2—3—2　Gustafson—Koch 牙发育图

Gustafson—Koch 的牙发育图如用文字表达，如表 2—3—1 所示。

表 2—3—1　人类牙的发育时间

牙代号	发生	钙化	牙冠完成	萌出	牙根完成	蜕牙
01	胎2月	胎4—4½月	4月	6—8月	1½—2年	7年
02	胎2月	胎4½月	5月	6—10月	1½—2年	8年
03	胎2月	胎5—5½月	9月	16—20月	2½—3年	12年
04	胎2月	胎5月	6月	12—16月	2—2½年	10年
05	胎2月	胎6月	10—12月	20—30月	3年	11—12年
+1+	胎5½月	3—4月	4—5年	7—8年	10年	—
+2+	胎5½月	10—12月	4—5年	8—9年	11年	—
+3+	胎6月	4—5月	6—7年	11—12年	13—15年	—
+4+	出生时	1½—1¾月	5—6年	10—11年	12—13年	—
+5+	胎10月	2—2½年	6—7年	10—12年	12—14年	—
+6+	胎4月	出生时	2½—3年	6—7年	9—10年	—
+7+	出生后9月	2½—3年	7—8年	12—13年	14—16年	—
+8+	生后4—5年	7—9年	12—16年	17—21年	18—25年	—
−1−	胎5½月	3—4月	4—5年	6—7年	9年	—
−2−	胎5½月	3—4月	4—5年	7—8年	10年	—
−3−	胎6月	4—5月	6—7年	9—10年	12—14年	—
−4−	出生时	1¾—2年	5—6年	10—12年	12—13年	—
−5−	胎10月	2¼—2½年	6—7年	11—12年	13—14年	—
−6−	胎4月	出生时	2½—3年	6—7年	9—10年	—
−7−	生后9月	2½—3年	7—8年	11—13年	14—15年	—
−8−	生后4—5年	8—10年	12—16年	17—21年	18—25年	—

第三节　牙的增龄性变化

一、继发性牙本质

构成大部分牙组织和基本结构的牙本质称为原发性牙本质，特点是有排列很整齐或规则的牙本质小管，且沉积速度快，每日约4μm。以后发生的牙本质叫继发性牙本质(secondary dentin)。继发性牙本质发生于牙冠充分形成，牙萌出到骀平面及牙根完成以后。

一般认为有两种继发性牙本质，一种是生理性的。牙本质是终生继续形成的，只是在牙形成后，牙本质的形成速度变慢了。它通常在原发性牙本质的内侧沉积，沉积层较狭窄，一般有规则排列的小管。

牙本质的沉积在牙髓的表面上是均匀进行的，因此通常覆盖牙本质牙髓面的全部。但是由于原发与继发牙本质交界处的小管走行方向发生改变，因此常能在其间看到新旧沉积的界限。

另一种是反应性继发牙本质。这是由于牙本质在受到咬合磨损、龋齿或其他牙质表面逐渐丧失等造成的刺激时，则与受刺激牙本质小管有关的牙髓细胞，其形成牙本质的速度加快。这种牙本质形成的小管数目少，排列不规则，有时全无牙本质小管形成。这种继发牙本质通常只存在于与外界刺激有关的部位，如与牙磨损部相对应的髓室壁。

1925年，Bodecker首先指出继发牙本质的沉积与年龄的变化有关系。Gustafson(1950，1966)使用继发牙本质作为判定年龄的指标之一。Johanson(1971)进一步研究认为继发牙本质的定量是很难的，计算相关与回归系数的结果认为，继发牙本质虽与年龄的变化有关，但其标准差很大，是一个效果不大理想的指标。

与继发性牙本质形成的同时，牙髓本身也发生变化。牙髓缓慢地但终生持续沉积牙本质，所以随着年龄的增高，其所占的容积就会日益减少，表现为牙髓腔随年龄的增加而变小。到晚年它可减退到只剩一条细丝样的组织，从根内伸入冠部仅超过牙颈部不远的距离。

二、牙骨质

牙骨质在一生中断断续续地沉积，覆盖整个牙本质露出部的表面，其厚度不断有所增加。但由其生长线的间隔不等可以看出牙骨质的生成有一种间歇性特征。

牙骨质的沉积在晚年大多是由于对牙齿所受应力的反应，例如，牙骨质的继续沉积可使牙周韧带的新生悬吊纤维附着于根面。牙骨质的形成在很大程度上也受疾病的影响，例如患牙周病时，整个牙根面的牙骨质趋向于异常增厚；在牙髓坏死及感染之后，根尖部的

牙骨质一般也增厚。

Zander 与 Hurzeler(1958)提出在牙骨质的继续生长与年龄之间呈直线相关，认为 76 岁时的牙骨质要比 11 岁时的厚 3 倍。Johanson(1971)计测得到牙骨质厚度与年龄的相关系数为 0.55，但其标准差达 11.47 年，显示牙骨质厚度也是判定年龄的一个较差的指标。

在许多动物，特别是冬眠哺乳动物，牙骨质呈年轮样沉积。Stott 等(1982)以人牙横切片行茜素红(alizarin red)染色显示了这种年轮(annulation rings)，由明视野显微镜所摄取的照片可用作年轮的计数，所得的年轮数加上该牙的估计萌出时间，即可作为被检者的年龄。其 10 次试验结果的均值与实际年龄相差 0.2 岁，标准差为 1.8 年。

三、牙本质透明

牙本质透明(dentin translucency)是一种从组织学上可以看到的牙本质的年龄性变化。牙本质是在小管中形成的，小管的直径大约 3.2μm。牙本质的不透明是由于牙本质的结晶性结构与小管间有机质的屈光指数不同所造成的。大约从 30 岁起，牙本质小管进行性发生钙化。到 50 岁时其内径缩小至 1.5μm，70 岁时缩小至约 1.2μm。随着小管的管腔缩小，屈光指数的差别逐渐消失，终至变成透明。这一变化首先发生于根尖，继而波及根管，并向牙冠方向和根的外侧移行。

对于牙本质透明度与年龄的关系曾经进行了广泛的研究，但所得的结果并不一致。Gustafson 最先把它作为判定年龄的 6 项指标之一，认为根据这一指标所观测的只能是牙根的透明度，而不适用于冠部，因为冠部牙本质的透明可因龋齿或磨耗而发生。Nalbandian 等(1960)认为牙本质的透明变化是双侧对称的，极少受到病理因素的影响，是一个比较可信的判定年龄的指标。

Miles(1963)为了避免透明度分级法的主观性，采取测量透明牙根长度的方法，但并未得到比 Gustafson 更好的效果。Johnson(1968)计得透明度的几项测值与年龄的相关系数为 0.36—0.71，认为它不是一个很好的判定年龄指标。但是 Johanson(1971)使用略为不同的组织学技术，得到了高达 0.86 的相关系数和较小的(7.1 年)围绕回归线的散布范围，而认为透明度是一个很好的指标。Maples(1978)用多元回归方法选得的两个最可靠的预测年龄变量之一就是牙本质透明度。Bang 与 Ramm(1970)认为最好是不考虑牙根的周围带来所测牙根的透明范围，即由根尖起，至根管与牙根表面之间的中点。这样计测用完整的牙齿即可，不必切片破坏牙。用这种方法可以准确推定年龄到 75 岁。

四、牙根的吸收

乳牙的牙根吸收是由于恒牙的形成与萌出，因此是生理性过程，而恒牙的牙根吸收则大都是病理过程。恒牙牙根的牙本质与牙骨质，其中一些小的缺陷的数目随年龄的增长而增加，因而被吸收的区域在老人可为青年人的 2 倍。尽管这些小的吸收区被追迹认为是遭

受损害的结果，但其中的多数仍不能不被看作是特发性的。Gustafson 在使用牙根吸收作为一项判定年龄的标准时，曾经对这些小吸收区的大小与频度作过估量。但是其后的 Miles(1963)认为牙根吸收是一种与年龄关系不大的变化，在某些例子甚至得不到阳性结果。Johanson 也认为在 50 岁以前很少发生牙根吸收，他得出这一指标与年龄的相关系数为 0.24，且标准差很大，认为只能在估价老年人的年龄时有些价值。Maples(1978)则认为牙根吸收作为年龄的判定指标是没有价值的。

五、牙的颜色变化

随着年龄的增加，牙的颜色发生改变，一般是进行性地变黄，有的变成褐色。这一变色部分是由于继发牙本质蓄积的结果。继发牙本质要比原发牙本质色暗，加上原发牙本质的透明变，更易于把继发牙本质的暗色显露出来。

Brudevold(1957)认为牙色的改变可能与釉质、牙本质发生结构变化后牙表面对光的折射与吸收有关。一些被吸收到牙表面的金属离子可能转化为暗褐色或黑色的硫化物，而使牙色发生改变。

De Jonge(1950)认为牙色的改变是牙周膜的上层纤维即牙龈游离纤维支持和固定牙冠。随着年龄的增加和一些错综复杂的因素作用的结果。牙龈向牙根方向后退，致使露出在口腔中的临床冠的范围增大。在牙骨质于牙颈水平露出后，口腔粘膜即在更低的水平上附着于牙骨质的表面。

与上述对牙龈退缩这一增龄性变化的解释相反，有人认为这是一种病理性过程，是牙周病的一个后果；还有的认为这虽然是个生理过程，但可因牙龈炎症以及深层骨质、周围组织受累而加速这一过程。

由于牙龈的退缩与病理过程有关，减低了其在年龄判定中的价值。Johanson(1971)指出其与年龄的相关系数仅为 0.24，只能供与其他指标联用时参考；而 Maples(1978)则认为牙龈退缩是年龄变化的直接标志。Biedow(1963)则建议在用 Gustafson 法判定年龄的指标中除去牙根吸收，加入牙色变化作为一项新的指标。认为釉质和牙本质中存在的裂隙可以吸收食物中的颜色，这种颜色变化可使其实验材料的误差变小。

尽管牙色随年龄的增加确有变化，但其变化的程度却有很大的变异，主要取决于饮食和牙齿卫生情况以及吸烟的多寡。牙色在人群中的变异极大，还不能认为是一个好的判定年龄的指标。

六、牙龈退缩

牙龈退缩(recession of the gingiva)曾被做为一项与年龄变化有关的指标在用磨片判定年龄的方法中使用。在正常情况，牙萌出后牙龈粘膜附着于牙颈部釉牙骨质界的附近，是个无效的判定年龄指标。

有时在牙标本上已看不到软组织,但在牙根表面所存在的污斑与牙垢的位置可以指示牙龈退缩的程度。

七、牙的磨耗

牙的磨耗(attrition of teeth)是最明显的增龄性变化之一。牙冠经长期使用必然被磨损,一般活组织虽然都有修复和重建的能力,但牙冠却是个例外。牙的磨耗程度与𬌗的种类、习惯、肌肉能力以及食物种类等都有关系。

恒牙列最早显出磨损的部位是下颌第一磨牙的近中颊侧尖,它是与第二乳磨牙对𬌗的,其次是上磨牙的舌侧尖。第一磨牙的最先磨损显然与其最早萌出有关系,随后是其他磨牙遭受磨损。

切牙由于长期切割食物,切缘的磨损也随年龄的增长而增加。因此切牙与磨牙的磨耗常是引人注目的判定年龄的指标。

磨耗并不限于𬌗面或切缘。在咀嚼运动中,牙齿有一定程度的独立活动,在咀嚼时其邻接面可相互磨擦,从而产生磨损的小平面。邻面的磨损量常与𬌗面成正比,经过一定时间后能导致牙的远近径显著减小。

牙的𬌗面、切缘、邻面的磨耗无疑地是咀嚼力长期作用的结果,但也不能排除一些病理性因素的作用,如不正咬合、夜间磨牙习惯等。不同人群的饮食习惯肯定影响牙磨耗的程度,喜食细软食的人群其牙磨耗程度自然比常食粗糙食物的人群为轻。

最早将牙的磨耗分度用于判定年龄的是 Broca(1879)。1950 年,Gustafson 将其列为磨片法判定年龄的指标之一,认为进行性的牙磨耗对判定年龄极有帮助。

长期以来,许多作者对牙的磨耗提出各种各样的分度标准,有的强调用切牙的磨耗判断年龄,有的则倡用第一、二磨牙的磨耗度进行判断。但是不论哪种方法,其估计误差都较大。

1970 年以来,竹井哲司首先把多元回归和电子计算机技术应用于牙磨耗的年龄判断,使推断年龄的标准数量化。

宋宏伟、贾静涛(1986—1989)在竹井的基础上,进一步改进了牙磨耗的分类方法,研制出缺失牙的磨耗度补正法,用多元逐步回归和数量化理论,推出 26 个多元回归方程和相应的年龄判定表,可以较准确地判定居住在北方不同地区(城、乡)不同性别人的牙龄。

由于牙的磨耗与群体的饮食习惯有密切关系,因此由一个群体推出的牙龄判定方法,大都只适用于该群体及与其饮食习惯相似的群体,如用于其他群体,就有可能使估计误差增大。

考虑到我国是个多民族国家,为了解决一些主要少数民族的牙龄推定问题,宋宏伟、贾静涛又进一步推出壮、蒙、回、藏、维、彝等六个少数民族乃至南方(云南)汉族的

牙龄推定方程与牙龄判定表。在对遗骸所属民族清楚的情况下，可以有效地推定其牙龄；在其所属民族不清的情况下，也可以就多个民族提出估计的牙龄，可供有关部门的参考。

（贾静涛）

参考文献

1. Schour I, et al. Studies in tooth development: the growth pattern of human teeth. J. A. D. A 1940: 27: 1918—1931.
2. Schour I, et al. The development of the human dentition. J. A. D. A. 1941; 28: 1153—1160.
3. Zimmerman MR, Angel JL. Dating and age determination of biological materials. London: Croomhelm. 1986: 248—269.
4. Cohen B. Kramer RH. Scientific foundation of dentistry. London: Heinmann, 1976.
5. Noble HW. The estimation of age from the dentition. in Detal idenfification and forensic odontology, edited by Harvey W. London: kimpton1976: 28—34.
6. 竹井哲司。歯の咬耗による年齢の推定。日法醫誌。1970；14（1）：4—17。
7. 竹井哲司。歯の咬耗による年齢の推定。日法醫誌。1981；35（6）：400—410.

第四章 牙龄鉴定的方法

第一节 根据牙的萌出时间推定年龄

在前一章叙述牙的发育时，已经提到牙的发育与年龄的关系。关于牙的胚胎发育，牙冠的钙化，乳牙及恒牙的萌出，牙根的完成等与年龄的关系都可供年龄鉴定的参考。尤其对于综合牙图和Gustafson-Koch 牙发育图在国外法医牙科学鉴定中的应用，起着重要的作用。

在前一章的基础上，本节将着重介绍中国人主要是汉族人群和一些有关人群的牙萌出时间和顺序，供专业人员在实际鉴定工作中参考。

一、乳牙的萌出时间与顺序

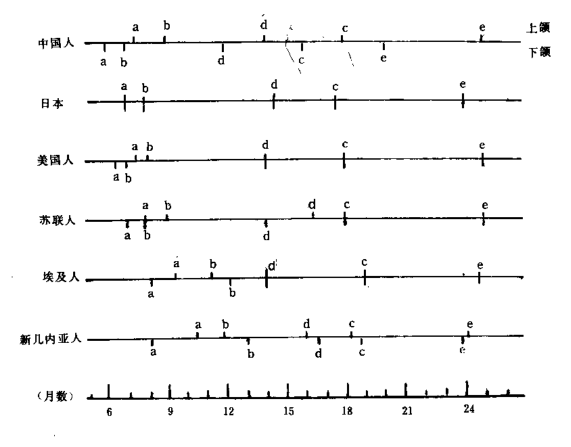
（一）乳牙的萌出顺序

中国人和一些其他人群的乳牙萌出顺序如图 2—4—1 所示。由图可见，各人群的共同特征是：

1. 下颌乳中切牙最先萌出，以中国人平均萌出时间为最早，埃及人及新几内亚人则较晚。

2. 中国、日本、苏联、美国人 4 个乳切牙平均到 9 个月时都已萌出，而埃及人及新几内亚人平均到 12—13 个月才萌出完了。

3. 中国人的乳切牙萌出顺序是：—a，—b，+a，+b，美国和苏联人也大体如此。



a：乳中切牙　b：乳侧切牙　c：尖牙
d：第一乳磨牙　e：第二乳磨牙

图 2—4—1　各人群的乳牙萌出顺序

但埃及人和新几内亚人的萌出顺序则是：—a，+a，+b，—b，其下颌乳侧切牙显著错后。

4. 上下颌第一乳磨牙普遍比尖牙先萌出，尤以中国人为最早。

5. 各人群的尖牙大体都在 18 个月左右萌出，没有明显的种族差异。

6. 各人群都是第二乳磨牙最后萌出，并且都是在 24—25 个月左右，没有明显的种族差异。

（二）乳牙的萌出时间

中国人及一些其他人群的乳牙萌出时间如表 2—4—1 所示。中国人的资料引自吴汝康等《人体测量方法》，国内法医学、人类学、解剖学书籍大都依该资料为准。

表 2—4—1　　乳牙萌出的时间（月）

乳牙	中国人[1]	日本人[2]	美国人[3]	苏联人[4]	埃及人[5]	新几内亚人[6]
+1+	7.5（6—9）	6—8	7.5	7—9	9.4	10.6
+2+	9（6.5—10）	7—9	8.0	8—10	11.2	11.9
+3+	18（16—20）	17—18	18.0	17—23	19.1	18.2
+4+	14（12—18）	14—15	14.0	16—21	14.1	16.0
+5+	24（20—30）	18—24	25.0	21—30	24.7	24.1
−1−	6.（5—8）	6—8	6.5	6—8	8.3	8.2
−2−	7（6—9）	7—9	7.0	7—9	12.2	13.0
−3−	16（14—18）	17—18	18.0	16—22	19.1	18.8
−4−	12（10—14）	14—15	14.0	12—16	14.1	16.6
−5−	20（18—24）	18—24	25.0	20—30	24.7	23.9

出处：〔1〕吴汝康　〔2〕松倉豊治　〔3〕Schour　〔4〕курляндский
〔5〕El-Hadary，Ei—Nesr　〔6〕Malcolm

二、恒牙的萌出时间与顺序

（一）恒牙的萌出顺序

从 6 岁左右开始，在第二乳磨牙后方萌出第一恒磨牙，又称 6 龄牙，同时恒中切牙萌出，乳中切牙开始脱落，随后侧切牙、第一双尖牙、尖牙、第二双尖牙、第二磨牙及第三磨牙依次萌出（表 2—4—2）。

表 2—4—2　　恒牙的萌出顺序

萌出顺序	牙齿名称	萌出年龄（岁）
1	$\frac{6\|6}{6\|6}$　$\overline{1\|1}$	5—8
2	$\underline{1\|1}$　$\overline{2\|2}$	6—9
3	$\underline{2\|2}$	7—11

续表

萌出顺序	牙齿名称	萌出年龄（岁）
4	$\frac{4\|4}{4\|4}$　$\overline{3\|3}$	9—12
5	$\underline{3\|3}$　$\frac{5\|5}{5\|5}$	9.5—14
6	$\overline{7\|7}$	10.5—14.5
7	$\overline{7\|7}$	11—15
8	$\frac{8\|8}{8\|8}$	16.5—25

采自《口腔组织病理学》

（二）恒牙萌出的时间

6岁左右第一恒磨牙在第二乳磨牙的远中萌出，是最先萌出的恒牙，不替换任何乳牙。约6—7岁以后，直到12—13岁，乳牙逐渐被恒牙所替换（除第三磨牙外）。详见表2—4—3。

表2—4—3　　恒牙的萌出时间　　（年）

恒牙	男		女	
	右侧	左侧	右侧	左侧
上颌				
1	8.12±1.04	8.12±1.04	7.88±1.09	7.80±1.10
2	9.44±1.35	9.34±1.15	8.89±1.27	9.10±1.21
3	11.28±1.42	11.32±1.51	10.72±1.62	10.76±1.41
4	11.17±1.51	11.05±1.45	10.28±1.20	10.60±1.33
5	11.77±1.49	11.56±1.53	11.22±1.33	11.21±1.41
6	6.77±1.07	6.84±1.40	6.60±1.33	6.67±1.36
7	13.64±1.28	13.01±1.33	12.68±1.78	12.45±1.87
下颌				
1	7.05±1.11	7.24±1.08	6.96±1.16	6.80±1.09
2	8.20±1.14	8.23±1.04	8.04±1.21	7.48±2.16
3	11.03±1.48	10.30±1.55	10.18±1.48	10.35±1.44
4	11.56±1.46	11.09±1.31	10.75±1.24	10.72±1.30
5	11.89±1.55	11.79±1.60	11.34±1.42	11.29±1.29
6	6.47±1.03	6.33±0.29	6.12±1.25	6.16±1.29
7	12.53±1.20	12.48±1.32	11.95±1.49	11.97±1.72

（曾祥辉，章魁华）

表2—4—4列出了中国人与其他人种恒牙萌出时间的比较。

表2—4—4　中国人与其他人种恒牙萌出时间比较　(年)

恒牙	中国人[1]		美国白人[2]		埃及人[3]		加纳人[4]	
	男	女	男	女	男	女	男	女
上颌								
1	6.5—8	6—9	7.47	7.20	7.3	7.1	6.3	6.0
2	7.5—10	7—10	8.67	8.20	8.8	8.2	7.5	7.3
3	10—13	9.5—12	11.69	10.98	11.2	10.5	10.4	9.5
4	9—12	9—12	10.40	10.03	10.5	10.3	9.5	9.0
5	10—13	9.5—12	11.18	10.88	11.3	10.9	10.5	10.0
6	6—7.5	5.5—7.5	6.40	6.22	6.1	5.9	5.0	5.0
7	11.5—14	11—14	12.68	12.27	11.9	11.6	10.9	10.9
下颌								
1	6—7.5	5—8.5	6.54	6.26	6.6	6.3	5.3	5.1
2	6.5—8.5	5.5—9	7.70	7.34	7.4	7.2	6.1	6.4
3	9.5—12	8.5—11.5	10.79	9.86	10.4	9.7	10.0	8.9
4	9.5—12.5	9—12	10.82	10.18	10.7	10.3	9.8	9.2
5	10—13	9.5—13	11.47	10.89	11.7	11.2	10.6	10.3
6	6—7	5—7	6.21	5.94	5.7	5.4	4.9	4.5
7	11—13.5	10.5—13	12.12	11.66	11.5	11.3	10.8	10.5

出处：〔1〕吴汝康　〔2〕Hurme, Meredith　〔3〕ElBatran　〔4〕Houpt et al

(贾静涛　宋宏伟)

第二节　根据牙磨片及切片法推断年龄

一、Gustafson's 法

Gustafson (1950) 为判断成人牙龄将牙制备成薄片，在牙片上观察与年龄变化有关的六项因素，每项因素赋予分数0—3分，由此获得推断年龄方程，用以估计人的年龄。这一方法被称为Gustafson's法。

(一) 牙磨片的制备

拔下的牙按常规处理后(10%的福尔马林固定)，用聚酯树脂(Polyester resin)包埋，固定在硬组织切片机上。这种硬组织切片机有转动的金钢石刀片，将牙切成1.0mm左右

的纵切片，然后再进一步在研磨机上磨薄。

观察的牙包括从中切牙到第三磨牙任何牙。

（二）　观察指标（图 2—4—2）

1. 牙磨耗（attrition，A）分根：

A_0——无磨耗；

A_1——磨耗限于釉质内；

A_2——磨耗达到牙本质；

A_3——磨耗达牙髓腔或继发性牙本质。

2. 继发牙本质沉积（secondary dentine deposition，S）

S_0——无沉积；

S_1——在髓腔上部沉积少量；

S_2——沉积达髓腔的 1/2；

S_3——全部充满或接近充满牙髓腔。

3. 牙龈退缩（migration of the periodontal ligament，P）

P_0——无退缩；

P_1——退缩刚开始；

P_2——达到或超过颈侧 1/3 而未达 2/3；

P_3——达到牙根的 2/3。

4. 牙骨质的沉着（cementum apposition，C）

C_0——正常牙骨质层；

C_1——比正常牙骨质层稍多的沉着；

C_2——较大的牙骨质层沉着；

C_3——大量牙骨质层沉着。

5. 牙根吸收（root resorption，R）

R_0——牙根未见吸收；

R_1——仅有小的孤立斑点的吸收；

R_2——吸收的面积较大；

R_3——牙骨质和牙本质大片吸收。

6. 牙根透明度（transparency of root，T）

T_0——无透明；

T_1——透明部限于根尖侧 1/3 内；

T_2——透明部超过根尖的 1/3；

T_3——透明部超过根尖的 2/3。

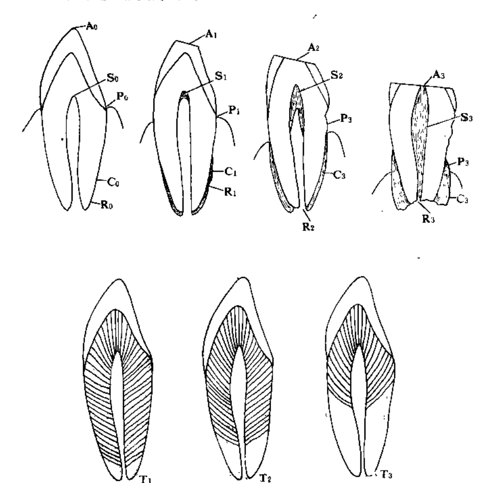


图 2—4—2　各牙龄因素的标准

上述因素，除牙龈退缩在未制备牙磨片前直接观察外，其它各项指标，均在制做磨片后在显微镜下观察。

（三）推断年龄方程与误差

$\hat{y}=11.43+4.51x$

$\hat{y}$ 为估计年龄，x 为上述观察指标的指数之和。

Gustafson 本人获得的结果：推断年龄与实际年龄的误差为，±3 岁占 44%；±5 岁占 58%。

（四）有关 Gustafson's 法的评价

Gustafson's 法是对法医牙科学的一个重要贡献，吸引了各国学者的重视。这种方法

的优点是采用多种因素综合分析。但是 Pilz (1959)、Nalbandian (1960) 和 Miles (1963a、1963b) 等应用 Gustafson's 法，不能重复 Gustafson 所获得的结果。Johanson (1971) 对此法加以改进，将每一项因素分为 7 个等级。近年来，又有许多学者对 Gustafson's 法加以改进，补充了一些因素和分析方法，进一步提高了推断年龄的准确性。他们认为，Gustafson's 法存在着如下几个问题：

1. 制做标本的技术很难，容易损坏标本，有时也会造成人为的假象；
2. 某些因素的标准不易掌握，需要观察者的经验；
3. 缺乏对某些影响因素的控制；
4. 有人认为，Gustafson 在统计分析上存在问题，如经 Johanson (1971) 研究，认为原法 95%可信限约为±14 岁。

二、Gustafson's 变法 (1)

1984 年，刘桢等将 Gustafson 原法加以改变，就中国人 220 只牙（10—70 岁）的牙龄进行了研究，得出了比较确实的结果。所用牙包括各个类型，最少 22 只，最多 44 只。

（一）观察指标

1. 肉眼观察牙𬌗面及切缘的磨损（A）；牙龈退缩情况（P）；牙根吸收情况（R），其分级标准与 Gustafson's 法同。

2. 测量邻面接触区大小（Pr）用精确度为 0.1mm 卡尺，测量邻面接触区上下方向的长度和唇（颊）舌（腭）方向的宽度以计算接触区面积。其分级标准为：

P_{r0}：$<4mm^2$；P_{r1}：≥ 4 或 $<8mm^2$

P_{r2}：≥ 8 或 $<12mm^2$；P_{r3}：$\geq 12mm^2$

3. 制作牙的纵磨片，除下颌第一、二磨牙按近远中方向切割外，其余均按唇（颊）舌（腭）方向切割。磨制 0.1—0.2mm 厚的纵磨片。

4. 肉眼或镜下观察牙根透明（T）情况；镜下观察继发性和/或修复性牙本质（S）沉积情况，其分级标准与 Gustafson's 法同。

5. 测量牙骨质（C）厚度　用测微尺测最厚度牙骨质厚度，其分级标准为：

C_0：$<0.25mm$；C_1：≥ 0.25 或 $<0.50mm$

C_2：≥ 0.50 或 $<0.75mm$；$C_3 \geq 0.75mm$

（二）统计分析

1. 相关系数　将上述各项观察指标的级数相加，即 $A+P+Pr+T+S+C+R=X$，其和（X）与年龄作统计学的相关处理，得相关系数（r）为 0.9627，为正相关。经 t 检验，$P<0.001$，表示牙的形态改变与年龄之间存在着非常明显的相关关系。

2. 回归方程

$\hat{Y}=9.34+4.02X$

式中 $\hat{Y}$ 为估计年龄，X 为各项观察指标级数之和。经回归系数检验，$P<0.001$，表示回归系数 4.02 与 0 之间的差异非常显著。与 Gustafson 的回归系数比较也有显著的差异（$P<0.001$）。

（三）估计误差

本法估计年龄与实际年龄间的误差为 0—17 岁，平均误差 3.24 岁。其中相差在±3 岁占 51.4%；±5 岁占 71.8%；±8 岁占 95.5%。与原法相比，较为精确。

分析变法较原法精确的原因，主要在于多出一个邻面接触区（Pr）磨耗面积的指标。在增龄性变化一节中已经述及邻面接触区的磨耗是增龄性磨耗中的重要指征之一，这是迄今用牙磨耗度判定年龄的国外学者所未注意到的。

三、Gustafson's 变法（2）

由于 Gustafson's 法存在许多问题，很多学者对此进行了改进，以提高其推断年龄的准确性。Burns and Maples (1976)、Maples (1978) 及 Maples and Rice (1979) 在原有方法的基础上，又提出几个新的观察因素，应用逐步回归分析方法，得到推断年龄的回归方程。

（一）观察的牙龄因素

1. 使用 Gustafson's 法规定的六项指标及其分级方法，其中牙骨质厚度（C）在逐步回归中被排出。

2. 建立的新指标

(1) 种族：白人和黑人；

(2) 性别：男性和女性；

(3) 牙周病：有和无；

(4) 牙位：由中切牙至第三磨牙。

3. 各观察因素的代号

(1) A、P、S、R、T 同 Gustafson's 原法；

(2) 牙位 1—8 分别为中切牙至第三磨牙；

(3) W 为白人，B 为黑人；

(4) F 为女性，M 为男性；

(5) Pd 为有牙周病。

（二）多元回归方程

1. 无牙周病时的方程

$\hat{y}$=18.66＋牙位＋种族＋性别＋3.89A＋16.18S－2.25R＋2.66AP－9.45AS＋8.37AT

2. 有牙周病时的方程

$\hat{y}$=18.66＋牙位＋种族＋性别＋3.89A＋16.18S－2.25R＋2.66AP－9.45AS＋8.37AT＋9.67A－5.21T

3. 赋值

(1) 牙位：1=12.96；2=－0.63；3=－5.28；
4=－5.58；5=－3.11；6=－13.86；
7=－4.89；8=0.00；

(2) 性别：F=1.71；M=0.00；

(3) 种族：W=2.29；B=0.00.

（三）推断年龄的误差

应用 Gustafson's 变法（2）推断年龄，其准确性因采用的牙不同而有所不同（表 2－4－5）。

表 2－4－5　估计年龄与实际年龄之间的误差

	±3	±5	±10	（岁）
前牙	37%	50%	80%	
后牙	34%	61%	85%	

（四）应用举例

例 1：观察因素与判定结果如下：

牙：2　　种族：W

性别：M　　A：1.5

S：3.0　　R：3.0

P：3.0　　T：3.0

Pd：无

将上述观察结果代入无牙周病时的方程，并赋予其数值：

$\hat{y}$=18.66＋（－0.63）＋2.29＋0.00＋3.89×1.5＋16.18×3.0－2.25×3.0＋2.66×1.5×3.0－9.45×1.5×3.0＋8.37×1.5×3.0=75.06（岁）

实际年龄为 76 岁 10 个月。

例 2：观察因素与判断结果如下：

牙：7	种族：B
性别：F	A：1.0
S：2.0	R：0.0
P：1.5	T：2.0
Pd：有	

将上述观察结果代入有牙周病时的方程，并赋予数值：

$$\hat{y}=18.66+(-4.89)+0.00+1.71+3.89\times1.0+16.18\times2.0-2.25\times0.0+2.66\times1.0\times1.5-9.45\times1.0\times2.0+8.37\times1.0\times2.0+9.67\times1.0-5.21\times2.0=52.81\text{（岁）}$$

实际年龄为 57 岁 8 个月。

四、牙髓室牙本质指数法

本法（魏博源等 1983）是应用显微测量技术，在制成的牙磨片上测量有关项目，求出牙髓室牙本质指数（Pulp－dentine index），由此进行年龄判定。牙髓室牙本质指数是髓室高和髓室颊舌径与牙本质高和颊舌侧牙本质厚的比值。其中牙髓室高和髓室颊舌径随年龄增加而减少，牙本质高和颊舌侧牙本质厚随年龄增加而增大，因而可通过指数值的变化反映不同年龄的牙本质变化情况。观察的牙为上颌第一恒磨牙。

（一）　标本的制备

将各牙按统一规格制取磨片，使所显示的剖面通过两颊侧根的分叉处和牙冠颊侧面的中部。所得的磨片置于盖玻片中，用中性树胶封固。

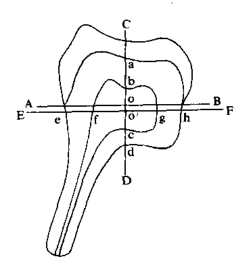


图 2－4－3　牙磨片测点

（二）　测量方法

将牙片置于有平行刻线的载玻片上，在显微镜下（4×5）用测微计进行测量。测量前须先定出以下三条基线（图 2－4－3）。

1. 三条基本线

（1）AB 线：A、B 点分别为牙磨片颊侧和舌侧的釉牙骨质界。

（2）CD 线：经 AB 线的中点 O 并与 AB 垂直的线。

（3）EF 线：经 CO 线髓室段的中点 O′ 并

与 AB 平行的线。

2. 测量点

髓室高：bc；牙本质高：ab+cd；

髓室颊舌径：fg；颊舌侧牙本质厚：ef+gh。

（三）统计分析

1. 髓室牙本质指数（P. D. I）（简称牙指数）公式：

$$PDI=\frac{bc+fg}{(ab+cd)+(ef+gh)}\times 100$$

2. 各测量项目的平均值　据魏博源等测量的结果如表 2—4—6。

表 2—4—6　各测量项目平均值　(mm)

测量项目	年龄组（岁）16—25（27 例）	26—35（22 例）	36—45（17 例）	46—55（17 例）	56 岁以上（14 例）
牙本质高	6.78	6.97	7.29	6.91	7.63
髓室高	1.85	1.52	1.12	0.77	0.48
颊舌侧牙本质厚度	5.61	5.83	5.92	6.10	5.95
髓室颊舌径	4.58	4.48	4.18	4.22	4.30

从上表可以看出，在 5 个年龄组中，16—25 岁组的髓室径最大，而牙本质厚度最小。其余年龄组各项平均值分别发现下降或上升的趋势。同时还看到，髓室、牙本质的颊舌径变化不如纵轴（高）的变化明显。推想可能有两方面原因，一是牙在纵向上受到的作用力和生理性刺激比侧壁受到的作用力和刺激要大而经常；二是牙的组织结构特点（髓室顶部的成牙质细胞突起通过牙小管有规律地按咬合面方向排列）使咬合面受到的刺激易于引起髓室顶部的继发牙本质增生。髓室底部的牙质增生可能与根柱底部支持组织造成压力刺激有关。所以，继发性牙本质的增生在髓室各壁中以顶部和底部尤为明显。牙磨耗与牙本质增生也有着密切关系。

3. 牙指数的均值及其变异范围　根据上述测量资料，计算出牙指数的均值及其变化范围（表 2—4—7）。各年龄组的牙指数平均值随着年龄的增加而依次减少，即牙指数与年龄的变化为负相关关系。

表 2—4—7　牙指数均值及变化范围

牙指数	年龄组（岁）16—25	26—35	36—45	46—56	56 以上
均值	52.4	47.2	40.7	38.6	35.5
标准差	9.60	6.34	7.97	5.80	5.09
标准误	1.85	1.35	1.93	1.41	1.34

4. 推断年龄回归方程　应用回归分析法得出回归方程：

$\hat{y}=(-1.01)X+82.82$

$\hat{y}$：估计年龄；X：牙指数。

回归方程的相关系数（R）为−0.62，标准估计误差 $S_{y\cdot x}$ 为 12.46 岁。

五、牙冠指数法

1972 年，伊东志朗创用牙冠指数法判定牙的年龄。牙冠指数（tooth crown index，TCI）是考虑到解剖牙冠随牙的磨耗而发生形状变化，冠部髓室也因继发牙本质的沉积发生狭窄化而提出的，用数量来表示解剖冠的磨耗与髓室腔的变化间的相互关系。

（一）标本的制备

1. 被检牙包括各类牙。将被检牙放在 30×25×10mm 的小木片上，用石蜡固定在易于薄切的位置，再用粘着剂包埋。

2. 用硬组织薄切机，与牙的长轴平行，沿唇（颊）舌侧牙冠的中央，做成厚约 1.0mm 的纵断切片。

3. 用超软 X 线装置（soft X-ray equipment，CMR 型）拍成 X 线牙片。摄影条件：2 次电压 90V，2 次电流 5mA，曝光时间 10s。胶片用软 X 线胶片 FG。

（二）测定部位

测量各部位的面积用面积测量仪（planemeter）。测量时，由解剖牙冠的牙颈线上唇（颊）侧点与舌侧点连一直线，以此线为牙冠与牙根的分界线（图 2—4—4）。按图所示的区域计测牙釉质、牙本质与髓室所占的面积，以 mm^2 为单位。

图 2—4—4　牙冠切片（X 线片）的各部位测量标准

（三）牙冠指数公式

$$TCI=\frac{\text{牙釉质面积}+\text{冠部髓室面积}}{\text{冠部牙本质面积}}\times 100$$

（四）统计分析

1. 测量实例（表 2—4—8）

表 2—4—8　　测量实例

例号	牙	年龄	釉质面积 mm²	釉质面积 %	本质面积 mm²	本质面积 %	髓室面积 mm²	髓室面积 %	TCI
1	$\underline{1\vert}$	22	64	29.7	121	52.8	40	17.5	89
2	$\underline{\vert 2}$	39	47	31.3	87	58.0	16	10.7	72
3	$\overline{4\vert}$	63	91	29.8	190	62.2	24	7.8	59
4	$\underline{\vert 5}$	74	51	30.0	106	62.4	13	7.6	60
5	$\underline{6\vert}$	59	89	35.1	155	61.2	9	3.5	62
6	$\overline{\vert 7}$	62	90	34.3	169	64.5	3	1.1	54

表 2—4—9　　各年龄组的平均面积比

测定部位	年龄组（岁）10—	20—	30—	40—	50—	60—	70—
牙釉质	37.8	36.4	36.1	35.5	33.8	32.4	30.0
牙本质	50.8	52.2	55.7	56.5	59.1	62.1	64.8
髓　室	11.3	11.2	7.8	7.7	6.9	5.2	5.0

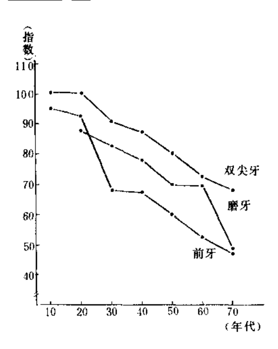


图 2—4—5　各牙种平均 TCI 与年龄的关系

2. 各年龄组的平均面积比　由上述全部测量实例（302 只牙），得出牙釉质、牙本质与髓室的各年龄组面积比的平均值如表 2—4—9。牙釉质及髓室的面积比随年龄的增高而缓缓降低；而牙本质的面积比则随年龄的增高也逐渐增大。前二者随年龄的增加面积缩小，后者随年龄的增加面面积增大。

3. 牙冠指数与年龄的关系　就前牙、双尖牙、磨牙以及全部牙的牙冠指数，按各年龄组取其平均值如表 2—4—10 及图 2—4—5。显示不论哪一牙种，其牙冠指数都与年龄呈反比关系。尤其前牙在 20—30 岁间的 TCI 变动最为明显。

4. 回归方程、相关系数与标准估计误差

（1）全部牙（除第三磨牙外）方程：

$\hat{y} = -0.38X + 75.55$（±7.3 岁）

$r = -0.593$

（2）前牙组方程

$\hat{y} = -0.41X + 78.78$（±6.7 岁）

$r = -0.628$

（3）双尖牙组方程

$\hat{y}=-0.52X+89.89$（±8.6岁）

$r=-0.624$

（4）磨牙组方程（第三磨牙除外）

$\hat{y}=-0.25X+67.22$（±6.9岁）

$r=-0.384$

表2—4—10 **各年龄组的牙种别平均TCI**

年龄（岁）	$\frac{7+7}{7+7}$（全）	前牙	双尖牙	磨牙
10—19	101.80	95.00	102.55	
20—29	93.73	92.50	100.33	87.50
30—39	77.34	67.76	90.41	82.56
40—49	75.67	67.41	87.33	78.04
50—59	65.11	59.90	80.00	69.77
60—69	60.75	51.96	72.35	69.15
70—77	52.16	46.87	67.66	48.00

磨牙组与前牙及双尖牙组比较，其相关系数较低，可能与其中包括了恒牙中萌出最早的第一磨牙，和除第三磨牙外萌出最晚的第二磨牙所致。此外，前牙中的尖牙相关系数甚低（−0.107），其TCI与年龄间几无相关性。

（宋宏伟　贾静涛）

第三节　根据磨牙的磨耗度推定年龄

一、牙磨耗的分度方法

用牙磨耗推定年龄关键在于对牙磨耗的正确分度。因此历来的研究者都在牙磨耗的分度上作过细的工作，提出种种牙磨耗分度的标准（表2—4—11）。

由表可知，牙磨耗的分度少者三度，多者十度，各家分度的标准不一，描述的术语也不一致。但不外以牙釉质不同的磨耗程度（点状、线状、带状及全面磨耗）分为1度、2度或3度。牙本质是在牙釉质的基础上露出的，依其露出的程度不同（点状、线状、带状及全面露出）分为1度、2度或3度。牙本质露出的面积愈大，表明牙齿的磨耗愈重，最重的磨耗是露出牙髓室，直至牙颈部。作者认为，牙磨耗分度如过少，易识别，但影响推断年龄的准确性；如过多，识别困难，同样也影响推断年龄的准确性。

表 2—4—11　　　　牙磨耗的分度比较

<table>
<tr><th>组织</th><th>磨耗程度</th><th>栃原</th><th>Martin</th><th>山田</th><th>Brocca</th><th>天野十郎</th><th>久保彰</th><th>吴汝康</th><th>姜树学</th><th>竹井哲司</th><th>莫世泰</th><th>张继宗纪元</th></tr>
<tr><td rowspan="4">牙釉质</td><td>无磨耗</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td></td><td>1</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr>
<tr><td>点状或线状</td><td>1a</td><td rowspan="3">1</td><td rowspan="3">1（轻）</td><td rowspan="3">1</td><td rowspan="3">2</td><td rowspan="3">1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr>
<tr><td>面状/带状</td><td>1b</td><td rowspan="2">2</td><td rowspan="2">2</td><td rowspan="2">2</td><td rowspan="2">2</td><td>3</td></tr>
<tr><td>全面磨耗</td><td>1c</td><td>4</td></tr>
<tr><td rowspan="3">牙本质</td><td>点状/线状</td><td>2a</td><td rowspan="2">2</td><td rowspan="2">2（中）</td><td rowspan="3">2</td><td>3</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>5</td></tr>
<tr><td>面状/带状</td><td>2b</td><td rowspan="2">4</td><td rowspan="2">3</td><td>4</td><td>4</td><td rowspan="2">4</td><td rowspan="2">⋮
↓
8</td><td rowspan="2">⋮
↓
9</td></tr>
<tr><td>全面磨耗</td><td>3</td><td>3</td><td rowspan="2">3（重）</td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td>牙髓室</td><td>露出牙髓室</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>4</td><td>6</td><td>6</td><td></td><td>9</td><td>10</td></tr>
</table>

二、六级分度法

1965 年，吴汝康、柏蕙英对中国华北人颅骨 93 个，磨牙 610 颗进行研究，提出了磨牙的六级磨耗分度标准。其后，姜树学等（1984）根据这个标准对辽宁省男性颅骨 208 个第一、二磨牙（M_1、M_2）1 259 颗进行其与年龄关系的研究，得出以下结果。

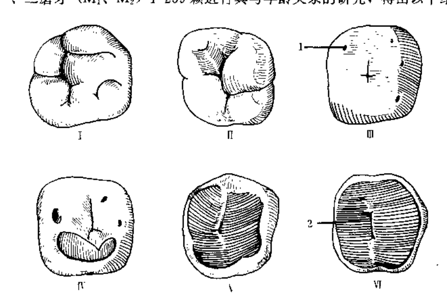


图 2—4—6　磨牙磨耗级别示意图

1. 牙质点；2. 牙髓腔

引自（姜树学，1984）

（一）牙磨耗的分级标准（图 2—4—6）

I　牙尖顶和边缘部分微有磨耗；

Ⅲ　牙尖磨平；

Ⅲ　牙质点暴露呈黄褐色、小孔状；

Ⅳ　暴露的牙本质点相互融合；

Ⅴ　牙本质全部露出；

Ⅵ　牙髓腔暴露。

（二）　统计分析

1. 推断年龄方程。

$\hat{y}=12.4X-4.9$

$\hat{y}$=估计年龄；X=M_1 和 M_2 磨耗度的平均值。

2. 各磨耗级的平均年龄和 95%可信限（表 2—4—12）。

表 2—4—12　　磨牙各磨耗级的平均年龄和 95%可信限

磨耗级	M_1		M_2	
	平均年龄（岁）	95%可信限	平均年龄（岁）	95%可信限
Ⅰ	19.67	17.39—21.94	23.17	19.76—26.58
Ⅱ	23.72	22.21—25.23	29.37	28.49—30.25
Ⅲ	31.73	30.85—32.61	36.09	33.78—38.40
Ⅳ	41.02	37.32—44.72	46.95	39.95—53.95
Ⅴ	51.73	43.55—59.59	59.5	—
Ⅵ	60.5	—	—	—

注：M_1 的Ⅵ级和 M_2 的Ⅴ级由于例数少，不足以计算 95%可信限。M_2 的Ⅵ级在本文仅见 1 例，故未予统计

由于第一、二磨牙萌出的时间不同，第二磨牙比同一颌骨上第一磨牙的磨耗级为小，因此在各磨耗级的平均年龄中，第一磨牙都比第二磨牙为早。左右和上下磨牙的磨耗度有 63%是相同的，其中左右上下差一级者占多数，也有差两级者。

根据上表尚可求出第一、二磨牙磨耗级平均年龄的比例为 6∶7。即二者在同一磨耗级时，第一磨牙的平均年龄要比第二磨牙早 7/6 倍。

3. 相关系数　M_1 磨耗级与年龄的相关系数为 0.71，M_2 为 0.55，均呈正相关。

4. 推断年龄　表 2—4—12 所列的乃是平均年龄的 95%可信限，因此范围较窄，在实际应用时如取两颗磨牙，应同时参照各年龄组 M_1、M_2 最多出现的磨耗级百分率（表 2—4—13）来考虑。

表 2—4—13 **各年龄组 M_1、M_2 磨耗级的％**

年龄（岁）	M_1（％）						M_2（％）					
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
15—	10	50	40				26	74				
20—	4	51	43	2			19	72	9			
25—		25	70	5			9	77	13	1		
30—		6	83	12			1	61	37	1		
35—		1	77	22				57	38	5		
40—		1	76	21	2			50	38	12		
45—		9	50	32	9			26	26	48		
50—			31	49	20			14	59	24		3
55—			39	44	8	9		19	24	48		9

三、九级分度法

莫世泰和彭书琳（1983）根据 Murphy（1959）的九级分度法对华南（中国）人 107 例的 709 个磨牙（第一、二磨牙）与年龄的关系进行了研究。

（一） 牙的磨耗度分级标准（图 2—4—7）

1. 牙尖顶和边缘部分微有磨耗；
2. 牙尖磨平或咬合面中央出现凹陷；
3. 牙尖大部分磨平，其中有一个或两个牙尖出现点状牙质暴露；
4. 有三个牙尖的牙质点暴露或者两个牙尖的牙质点扩大并连成一片；
5. 有四个牙尖的牙质点暴露或者三个牙尖的牙质点暴露，而其中有二个牙质点扩大连成一片；
6. 有两个或三个牙质点扩大联合成一片，而其中两个或一个牙质点分离；
7. 牙冠部分磨去，四个牙尖的牙质点联合，但咬合面仍有残留的釉质小点存在；
8. 牙冠大部分磨去，牙质全部暴露；
9. 牙冠全部磨去，牙髓腔暴露出来。

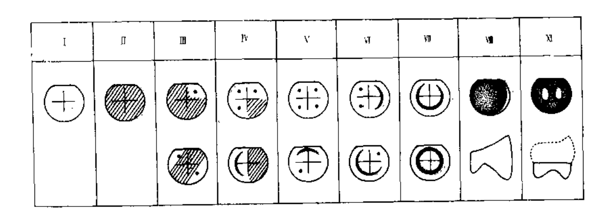


图 2—4—7　磨牙九级磨耗模式图

（引自莫世泰，1983）

（二）　各磨耗级的平均年龄和 95%置信区间

表 2—4—14 列出了不同磨耗级的平均年龄及其 95%的置信区间。显示九级分度与各年龄组之间有明显的相关关系。

表 2—4—14　　　　磨牙各磨耗级的平均年龄和 95%置信区间

磨耗级	M_1		M_2	
	平均年龄（岁）	95%置信区间	平均年龄（岁）	95%置信区间
I	19.6	18.2—21	22.8	21.7—23.9
II	24.2	23.6—24.8	27.6	26.8—28.4
III	30	29　—31	37.6	36.3—38.9
IV	38.2	36.6—39.8	45.3	43.1—47.4
V	44.7	43　—46.9	54.7	53　—56.4
VI	54.5	51.7—57.3	60.3	57.9—62.7
VII	60.4	57.3—63.5	64.3	60.5—68
VIII	65	62.3—67.7	70	—
IX	68.5	—	—	—

* M_1 的 IX 级和 M_2 的 VIII 级由于例数少，没有计算 95%置信区间。M_2 的 IX 级，本文所观察的标本，未曾见到。

（三）　推断年龄

实际应用时应根据各年龄组第一、二磨牙的最多出现的磨耗度百分率做为推断年龄的参考（表 2—4—15）。

表 2—4—15　　各年龄组第一、二磨牙出现最多的磨耗度的百分率

年龄组（岁）	M_1		M_2	
	出现最多的磨耗度	百分率	出现最多的磨耗度	百分率
15—20	Ⅰ	56.3	Ⅰ	75
21—25	Ⅱ	75.9	Ⅱ	63.3
26—30	Ⅲ	61.3	Ⅱ	67.9
31—35	Ⅳ	56.7	Ⅲ	54.8
36—40	Ⅳ	46.8	Ⅲ	68.6
41—45	Ⅴ	42.9	Ⅳ	50
46—50	Ⅴ	60	Ⅳ	50
51—60	Ⅵ	39	Ⅴ	33.3
60 以上	Ⅶ	31	Ⅵ	33.4

一般来说，左右侧磨牙磨耗度的差别不大，但下颌牙磨耗度比上颌牙的稍大(61.5%)。莫世泰等认为，从磨耗度的年龄差别来看，上、下颌左右两侧的平均差别在第一磨牙（M_1）为0—2岁；第二磨牙（M_2）为0—3.8岁。同侧上下颌磨牙的差别第一磨牙（M_1）为0—2.6岁；第二磨牙（M_2）为0—1岁。

四、平均磨耗度法

1991年，李春彪、纪贵金就94例东北人的518颗磨牙磨耗程度与年龄的关系进行了研究，提出用平均磨耗度法或均度法推定年龄。

（一）　牙磨耗的分级标准

本法将磨牙的磨耗分为10度（0—9度）。在评定一颗磨牙的磨耗度时，0—7度以每个牙尖为观察评价对象，然后以各个牙尖的磨耗度的均值为该牙的磨耗度；8、9度以整个牙冠的殆面为评价对象，然后评出磨耗度。

0度　无肉眼可见的磨耗，牙尖尖锐，沟、嵴清晰。

1度　牙尖及其嵴微有磨耗，肉眼明显可辨。

2度　牙尖磨耗成钝圆状或局限平面状。

3度　牙尖大部分磨掉，磨面微有下凹。

4度　牙本质呈点状暴露，平均直径小于或等于4mm。

5度　牙本质呈点状暴露，平均直径大于1mm。

6度　点状暴露的牙本质与另一个点状暴露的牙本质相连结。

7度　点状暴露的牙本质与另两个点状暴露的牙本质相连结。

8度　牙本质呈环状暴露，殆面中央釉质呈星芒状残存，继发性牙本质可露出。

9度　牙本质全部暴露于牙冠表面，继发性牙本质露出。

以某下颌右侧第一磨牙为例，其舌侧两个牙尖磨平，平面略下凹（3度），其中之一

有点状牙本质暴露，直径小于 1mm（4 度）；颊侧两个牙尖的牙本质暴露且互相连结（6 度），则该牙的平均磨耗度为（3+4+6+6）/4=4.75 度。另如，某上颌左侧第一磨牙，牙本质呈环状暴露，中间尚残留星芒状牙釉质，则该牙的磨耗度为 8 度。

（二）统计分析

应用线性回归的方法，得到 4 个根据牙的磨耗度推断年龄的回归方程式（表 2—4—16）。

表 2—4—16　　推断年龄方程

颌别	牙别	回归方程	s	r
上颌	M_1	Y=9.08+6.78X	1.89	0.97
	M_2	Y=14.20+7.00X	1.66	0.94
下颌	M_1	Y=13.23+6.33X	2.49	0.98
	M_2	Y=15.26+6.72X	2.18	0.98

表中：

x：评定的平均磨耗度

Y：推断的年龄

s：Y 的标准差

r：相关系数

例如，上述例 1 下颌右侧第一磨牙的磨耗度为 4.75 度，代入方程：

Y=13.23+6.33×4.75=43.3±2.49 岁

（三）回代检验与盲测

应用上述方程对 54 例已知性别、年龄的颅骨进行回代检验。男性标本推断年龄误差在 2 岁以内的占 61.8%，在 4 岁以内的达到 91.2%。女性标本推断年龄误差在 2 岁以内的占 50%，在 4 岁以内的达到 95%。

对 11 例法医案件所取的 17 颗磨牙进行盲测，误差在 2 岁以内的占 72.7%，在 4 岁以内的达 90.9%。

（四）均度法的科学依据

李春彪等认为均度法的科学依据是压强原理，即当压力一定时，作用面积越小，单位面积上所承受的压力越大。在正中𬌗状态时，磨牙牙冠上各个牙尖较均匀接触，𬌗力分散，各个牙尖受力相当，磨耗相近。在非正中𬌗状态时（如某些牙𬌗畸形），磨牙牙冠接触不均，𬌗力集中作用在部分牙尖上，使之磨耗过重，而另一部分牙尖因受作用力较小而磨耗偏轻。应用以往的分度方法，易将观察的注意力片面地集中到较重的磨耗表现

上，而忽视同时存在的较轻的磨耗情况，导致磨耗度判得偏高，推断出的年龄偏大。而均度法将各个牙尖的磨耗度平均，可以避免上述方法的不足之处。

（宋宏伟 贾静涛）

第四节 天冬氨酸的消旋化与年龄的推断

一、氨基酸的消旋化

（一） 概述

应用氨基酸消旋化（amino acid racemization）法推断年代最初应用于地球化学、地质年代学和考古学。氨基酸的消旋化是在生物体的生长过程中体内L型氨基酸向D型氨基酸的转化反应。从测定L型氨基酸向D型氨基酸转化的量，可以推断动物化石年代。组成天然蛋白质的20种氨基酸都属于L型氨基酸，它广泛存在于骨（壳）、牙、水晶体和其它软组织内。氨基酸消旋化反应在一般的情况下进展缓慢，其半衰期在一万年至一百万年不等，故长期以来虽在地球化学领域中得到广泛应用，但对代谢速度较快的人体组织却一直未受到重视。后来人们发现，骨组织中氨基酸消旋化速率的顺序是天冬氨酸＞丙氨酸＝谷氨酸＞异亮氨酸≈亮氨酸。天冬氨酸是人体内各种氨基酸中消旋化速率最快的一种。1975年，Helfman和Bada首先依人牙釉质中天冬氨酸消旋化速率推断年龄。其基本原理是，在氨基酸的分子中至少含有一个手性碳原子，使其具有光学活性。可被人体利用的氨基酸都是L型异构体，随着时间的推移向D型异构体转化，直到两者达到平衡为止。这种转化属一级可逆反应，其转化的速率与温度和pH值等因素有关。温度高时，转化的快；温度低时，转化的慢。因人是恒温动物，一生中体温的波动不大，pH值也较稳定，所以活体中D/L转化速率较为恒定。根据这个原理，通过测定人体组织（骨、牙、水晶体和其它软组织）中天冬氨酸的D/L比率，找出与年龄之间的关系，进而达到推断年龄的目的。

（二）天冬氨酸消旋化动力学

天冬氨酸的消旋化是一级可逆性反应，可以下式表示：

$$\text{L 型天冬氨酸} \underset{K_D}{\overset{K_L}{\rightleftharpoons}} \text{D 型天冬氨酸} \quad (1)$$

式（1）中K_L为L型天冬氨酸向D型天冬氨酸转化的速率常数；K_D为D型天冬氨酸向L型天冬氨酸转化的速率常数。

如果用〔L〕和〔D〕分别表示L型天冬氨酸和D型天冬氨酸的浓度，反应速率可有两种形式：

（1）正反应速率（$V_{正}$）：即L型天冬氨酸向D型天冬氨酸转化的速率。其速率方程为：

$$V_{正}=K_L\ [L]$$

(2) 逆反应速率 ($V_{逆}$)：即D型天冬氨酸向L型天冬氨酸转化的速率。其速率方程为：

$$V_{逆}=K_D\ [D]$$

事实上，在组织内部，这两种反应是同时进行的。因此，消旋化的速率应为两种反应速率之差，其净反应速率可用下式表示

$$\frac{d[D]}{dt}=K_L[L]-K_D[D] \tag{2}$$

式 (2) 是用D型天冬氨酸的生成速率来表示天冬氨酸消旋化的净反应速率。

式 (2) 未能表示出 [L]、[D] 与年龄之间的直观关系，为此将式 (2) 积分，便得到天冬氨酸消旋化动力学方程：

$$\ln\left(\frac{1+[D]/[L]}{1-[D]/[L]}\right)_t=2K_Lt \tag{3}$$

式 (3) 中t为氨基酸消旋化的反应时间；[L] 和 [D] 分别为该时间下的L型天冬氨酸和D型天冬氨酸的浓度。该方程为用消旋化法推断年龄的理论基础。如果以 $\ln\left(\frac{1+[D]/[L]}{1-[D]/[L]}\right)$ 为纵坐标，t为横坐标，该方程应为一条通过原点的直线。当方程用于实际问题时，因检材的来源及生理发育过程的差异，上述消旋化动力学方程应进一步校正为：

$$\ln\left(\frac{1+[D]/[L]}{1-[D]/[L]}\right)_t=2K_Lt+C \tag{4}$$

二、氨基酸消旋化的测定方法

(一) 标本处理

1. 去污：被检牙标本在流水中冲洗12小时后，用刮牙器除去牙石、牙垢及牙根膜，在室温下自然干燥。

2. 取材：用低速切刀在牙的中部切成300μm的纵切片。其中上、下颌切牙、尖牙、双尖牙和下颌磨牙由牙的近中远中方向纵切；上颌磨牙为颊舌方向纵切。除去牙釉质和牙骨质。也可直接用碎牙机将牙粉碎，在紫外光下选出牙本质。

3. 净化：牙本质切片（或粉末）用超声波依次在0.1mol/L HCl、蒸馏水、甲醇中分别冲洗5分钟，干燥后，碎成粉末。

(二) 样品的制备

1. 水解：取牙本质粉末3—5mg，加恒沸HCl大约为检材量的100—1 000倍，放置在带有螺旋帽的试管中，密封。在100℃下水解6小时。

2. 氨基酸的提取：将水解液移入容量为 20ml 的烧瓶中，用螺旋蒸发器除去 HCl。然后，再向烧瓶中加 2ml 蒸馏水充分溶解。为除去牙本质中的金属盐类，注入活化的强酸性阳离子交换树脂柱中，用蒸馏水冲洗后，再用 2mol/L 氨水将氨基酸洗脱，再置于 20ml 烧瓶中，用旋转蒸发器将剩余的氨水除去。

3. 衍生化

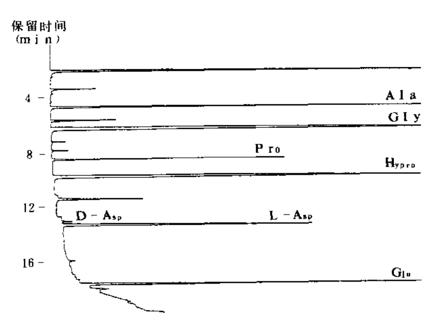
(1) 酯化：向上述烧瓶中加入 2ml 体积比为 2：8 的乙酰氯和异丙醇的混合溶液，充分溶解后移入反应瓶中，在 100℃下加热 30 分钟进行酯化。酯化后用氮气流挥去溶济至干。

(2) 酰基化：加 1ml 二氯甲烷溶剂充分溶解后，加 0.2ml 三氟乙酸酐，室温下反应 30 分钟进行酰基化。酰基化后，用氮气流挥去溶剂至干。

（三）氨基酸的分析

将上述残渣溶于适量的二氯甲烷或乙酸乙酯后，取 1ml 注入气相色谱仪。用裂解法进样。为提高检测器的灵敏度及防止溶质的扩散，用氮气作补充气体，玻璃毛细管柱是涂有光学活性物质固定相的 Chirasil—Val（25m×0.3mm）柱，载气为氦气。

操作条件：气化室温为 220℃，柱温从 110℃开始以 3℃/分程序升温至 200℃，然后保持恒定，D/L 比可通过其峰面积之比求出（图 2—4—8）。



Ala 丙氨酸　Gly 甘氨酸　Pro 脯氨酸

Hypro 羟脯氨酸　Asp 天冬氨酸　Glu 谷氨酸

图 2—4—8　牙本质中氨基酸的气相层析图

三、年龄的推断

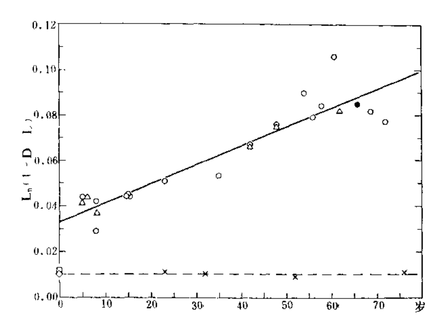
（一）根据牙釉质检测结果的推断

Helfman 和 Bada（1975）就 23 例不同年龄人的牙冠研究了其中天冬氨酸的消旋化与年龄的关系（图 2—4—9）。对照用几种标准蛋白和采自不同年龄人的溶血液。牙龄按牙冠形成的时间予以校正。由于 D 型天冬氨酸的浓度很低，其可逆反应可忽略不计，得到了下述推断年龄的回归方程：

$$\ln(1+D/L)=0.000829t+0.033$$

$$(r=0.921)$$

牙釉质中的 L－天冬氨酸在 60 年间约有 8％转变为 D 型，即每年以大约 0.1％的速度累积。



○　用氨基酸分析仪测定的已知年龄牙

△　用气相层析法测定的已知年龄牙

・　未知年龄牙（牙医推定为 72 岁）用氨基酸分析仪测定

◇　白蛋白

□　牛腱胶原

图 2—4—9　　牙釉质中天冬氨酸消旋化与年龄（Helfman，Bada 1975）

（二）　根据牙本质检测结果的推断

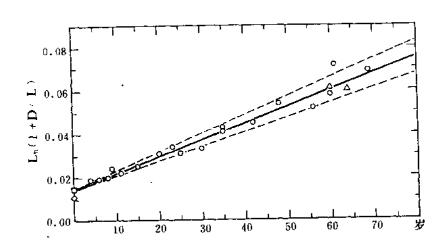
1976 年，Helfman 与 Bada 进一步就 20 例不同年龄牙研究了牙本质中天冬氨酸消旋化与年龄的关系。原来认为牙本质的代谢活动更为活跃，所得结果却显示其 D/L 氨基酸

比率较低，由天冬氨酸消旋化推定年龄的回归线与牙釉质的曲线全然不能区别（图 2—4—10）。由其测量值分散的情况看，牙本质的结果比牙釉质的更为集中，可能与其蛋白含量较高有关。其相关系数为 0.979，也比牙釉质的为高。事实上，牙本质 D/L 比率的误差几乎全部与正常人体的体温变动（±0.7℃）有关。图中的破折线就表示由于体温变动所致的速率的误差范围。

由于 D-天冬氨酸的浓度很低，其可逆反应可以忽略不计。由此得到牙本质中天冬氨酸消旋化的速率方程为：

$\ln(1+D/L) = 7.87(\pm 0.39) \times 10^{-4} yr^{-1} t + 0.014$

式中的一次方程不可逆速率常数 $K = 7.87 \times 10^{-4} yr^{-1}$，代表的是牙本质中大部分蛋白质天冬氨酸消旋化在平均体温为 37℃时的速率。由于牙本质中的 D-天冬氨酸在 60 年间只有 6%的累积，此 Kasp 相当于牙本质中的蛋白质自牙冠形成时起的一生中每年以大约 0.1%的速度累积 D-天冬氨酸。



实线：其斜率（$7.87 \times 10^{-4} yr^{-1}$）相当于 37℃时的牙本质 Kasp 值

破折线：在人体温±0.7℃时计算得的 Kasp 值

○：已知年龄人的牙本质

△：实际年龄未知（由牙医推定年龄）人的牙本质

◇：白蛋白

□：牛腱胶原

图 2—4—10 牙本质中天冬氨酸消旋化与年龄（Helfman，Bada 1976）

Ogino T（1985）就 61 颗人牙，研究了不同类型牙的牙本质中天冬氨酸消旋化速率与年龄的关系，获得了各类牙的回归方程如表 2—4—12。

表 2—4—12 以各类牙推断年龄的回归方程

牙	方程	r	N
中切牙	————	—	—
侧切牙	y=0.0273+0.00114x	0.991	5
尖牙	y=0.0241+0.00121x	0.982	8
第一双尖牙	y=0.0220+0.00127x	0.998	5
第二双尖牙	y=0.0272+0.00114x	0.997	6
第一磨牙	y=0.0406+0.00101x	0.989	5
第二磨牙	y=0.0222+0.00123x	0.966	8
第三磨牙	y=0.0180+0.00118x	0.991	25

(Ogino T 1985)

y=ln〔(1+D/L)/(1−D/L)〕；x=推断年龄

Ogino 所提出的 7 个各类牙推断年龄方程，彼此基本接近，看不出明显的差别。

应用上述回归方程对 6 例已知年龄的死后经过不同时间的尸体牙齿进行检测，其结果如表 2—4—13。其推断年龄的误差很小，尤其对 60 岁以上老年人牙龄的推定，其准确程度是现今用其他方法所难望达到的。

表 2—4—13 6 例不同牙推断年龄的检验结果

性别	牙	死后经过时间	实际年龄（岁）	推断年龄（岁）	误差（岁）
男	第三磨牙* 第二双尖牙 第三磨牙	9 上月	42	43	+1
女	第一双尖牙*	12 个月	51	51	0
男	第一双尖牙 第一磨牙 第一双尖牙*	11 个月	58	58	0
男	尖牙 第二双尖牙*	10 个月	67	64	−3
女	侧切牙 侧切牙	15 个月	74	70	−4
男	中切牙 侧切牙	5 年 8 个月	89	86	−3

*：龋齿

上述 6 例尸体室温贮存于福尔马林液中 9 个月至约 6 年，结果表明室温及室温下不同死后经过时间对氨基酸的消旋化无明显影响。

表 2—4—14 以各类牙推断年龄的回归方程

牙	方程	r	N
中切牙	y=0.00183t−0.00002	0.957	19
侧切牙	y=0.00123t+0.02642	0.982	8
尖牙	y=0.00118t+0.03241	0.985	21
第一双尖牙	y=0.00126t+0.02421	0.979	22
第二双尖牙	y=0.00124t+0.02499	0.989	15
第一磨牙	y=0.00125t+0.02827	0.972	6

续表

牙	方　　程	r	N
第二磨牙	y=0.00136t+0.01789	0.922	5
第三磨牙	y=0.00161t+0.00679	0.940	32
中切牙—第二磨牙	y=0.00127t+0.02584	0.972	96
全　牙	y=0.00141t+0.01746	0.966	128

Y：ln〔(1+D/L)/(1−D/L)〕　　t：推断年龄　　（向山等，1990）

向山等（1990）就128颗人牙，进一步研究了不同类型牙的牙本质中天冬氨酸消旋化速率与年龄的关系，得到的不同牙推断年龄回归方程如表2—4—14。除中切牙及第三磨牙外，各型牙的方程非常近似，与Ogino的结果一致，再一次表明不同类型牙的牙本质，其天冬氨酸消旋化的速率是一样的。

将128颗牙的检验结果回代方程，推断年龄与实际年龄的误差±3岁占76.6%，±5岁占97.7%。

比较牙釉质与牙本质中天冬氨酸消旋化速率推断年龄的结果，认为牙本质好于牙釉质。这与牙釉质易受磨损、龋齿以及细菌等的影响有关。牙本质受牙釉质的保护，消旋化反应不易发生变化，即使磨耗重的人，一般也要在40—50岁以上才开始受影响，且牙根部的牙本质依然存在。另外，在牙本质中有机质的含量较多，把牙本质作为检材也较牙釉质为优。但在牙本质中，由于部位的不同，氨基酸的形成和消旋化过程也有不同，推断年龄的结果可有一定的差异。认为根部牙本质好于冠部，舌侧好于唇侧。

（三）　根据牙骨质检测结果的推断

1991年，大谷进等着眼于牙骨质中有机物质和水分含量较多，就上颌中切牙和侧切牙各8例（龋蚀在C_1，C_2者可用）研究了牙骨质中天冬氨酸消旋化速率与年龄的关系。检材附着的软组织彻底除去后，在切缘的中部沿唇舌方向矢状切取厚约1mm的纵切片。充分洗净，在实体显微镜下由牙骨质牙本质界分离取得牙骨质，分为牙颈侧2/3与根尖侧1/3两部分用气相层析法定量。

所得结果分牙颈侧2/3与根尖侧1/3两部分进行总结。其天冬氨酸D/L比率与年龄的相关系数，在上颌中切牙分别为r=0.996（δ=±1.0）和r=0.996（δ±1.1）；在上颌侧切牙分别为r=0.993（δ=±1.8）和r=0.995（δ=±1.8），得到与牙本质同样好的结果。

其消旋化反应速度常数，在上颌中切牙分别为$K=8.865\times10^{-4}$和8.245×10^{-4}；上颌侧切牙分别为$K=8.395\times10^{-4}$和8.395×10^{-4}。显示其消旋化反应速度比牙本质为快。认为与牙骨质的外侧大部分为牙周膜所覆盖，水分含量多有关系。

（宋宏伟）

参考文献

1. El-Nofely AA. Dental aging for Egyptian and other middle eastern children. Canadian Soc Forens Sci. 1989; 22 (2): 123—126.
2. Gustafson G. Age determination on teeth. J Am Dent Assoc 1950; 41: 45—54.
3. Johanson G. Age determination from human teeth. Odontologisk Revy. 1971; 22 (suppl. 21): 1—126.
4. 刘桢等。牙齿与年龄估计。中华口腔科杂志。1984; 19 (1): 50.
5. Burns KR, Maples WR. Estimation of age from individual adult teeth. J. Forens Sci. 1976; 21: 343—356.
6. Maples WR, Rice PM. Some difficulties in the Gustafson dental age estimations'. J. Forens Sci. 1979; 24: 168—172.
7. 魏博源等。牙构造与年龄的关系。人类学学报。1983; 2 (1): 72—79。
8. 伊東志朗。歯牙の年齢推定に関する研究。日法醫誌。1972; 26 (1): 31—41。
9. 宋宏伟，贾静涛。根据牙齿磨耗度推断年龄。法医学杂志。1986; 2 (3): 36—41。
10. 吴汝康，柏蕙英。华北人颅骨臼齿磨耗的年龄变化。古脊椎动物与古人类。1965; 9 (2): 217—222。
11. 姜树学等。辽宁人磨牙磨耗的年龄性变化。解剖学报。1984; 15 (4): 364。
12. 莫世泰，彭松林。华南人颅骨上、下颌臼齿磨耗与年龄性变化的关系。人类学学报。1983; 2 (4): 368。
13. 李春彪、纪贵金。应用"均度法"对磨牙磨耗与年龄关系的初步研究。中国医科大学学报。1991; 20 (3): 196—199。
14. Helfman PM, Bada JL. Aspartic acid racemization in tooth enamel from living humans Proc Natl Acad Sci USA 1975; 72: 2891—2894.
15. Helfman PM, Bada JL. Aspartic acid racemization in dentine as a measure of age. Nature 1976; 262: 279—281.
16. Ogino T. Application of aspartic acid racemization to forensic odontology: post mortem designation of age at death. Forens Sci Intern 1985; 29: 259—267.
17. 向山，他。象牙質アスパギこ酸のうやミ化反応を利用した年齢推定。日大歯学。1990; 64: 767—775。
18. 大谷進，山本勝一 アスパラギン酸のうセミ化反応を利用する象牙質からの年齢推定。日法醫誌 1987; 41 (3): 181—190。
19. 大谷進，他。アミノ酸ラセミ化法によるセメント質からの年齢推定 (1)。第 60 回

日本法医学会関東地方会（摘要集）。1991：23。

20. Zimmerman MR, Angel JL. Dating and age determination of biological materials. London: Croom Helm. 1986: 270—282.

第五章　用整颌牙的磨耗度推定年龄的理论基础

第一节　七级分度法及其年龄性变化特点

一、七级分度法

由于各个牙的形态特点和功能不同，其分度的标准也不完全一样。作者等通过大量

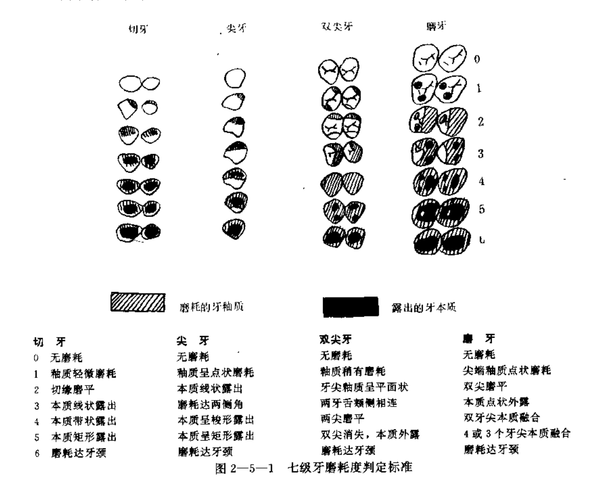


图2—5—1　七级牙磨耗度判定标准

牙的磨耗特征观察，提出按整颌四群牙（切牙、尖牙、双尖牙和磨牙）的磨耗形态特征进行分度，把每颗牙的磨耗分为0—6度，共七个等级，如图2—5—1所示。

二、牙磨耗度的年龄变化特点

宋宏伟、贾静涛（1986）以辽宁省城乡人口，13—60岁以上共880例为对象，研究了七级分度法的牙龄变化特点。为了说明磨耗度与年龄的关系，根据各牙磨耗度在不同年龄组中的频率不同而分为如下5型：

最常见型：频率在30%以上；

常见型：频率在20—30%；

少见型：频率在5—20%；

罕见型：频率在5%以下；

未见型：频率为0。

在各年龄组中各型牙磨耗度的出现情况如表2—5—1

表2—5—1　牙磨耗度与年龄的关系※

	年龄（岁）	右侧牙磨耗度					左侧牙磨耗度				
		最常见	常见	少见	罕见	未见	最常见	常见	少见	罕见	未见
上颌	13—	1	0	2	3	4，5，6	1	0，2	—	3	4，5，6
	20	1，2	—	3	0，4	5，6	1，2	—	3	0，4	5，6
	30—	2	3，1	4	5	0，6	2	3，1	4	5	0，6
	40—	2，3	4	5	1，6	0	3，2	4	5	1	0，6
	50—	4	3	5，2	6，1	0	3，4	—	2，5	6，1	0
	60—	4，5	—	3，6，2	—	0，1	4，5	—	3，6	2—	0，1
下颌	13—	1	2，0	—	3，4	5，6	1	2，0	—	3，4	5，6
	20—	2，1	—	3	0，4	5，6	2，1	—	3	4，0	5，6
	30—	2	3	1，4	5	0，6	2，3	—	1，4	5	0，6
	40—	3	4，2	5	1，6	0	3	2，4	5	1，6	0
	50—	4，3	—	5，2	6，1	0	4，3	—	5，2	6，1	0
	60—	4，5	—	3，6	2	0，1	4	5	3，6	2	0，1

※表内数字为牙磨耗度

牙磨耗度与年龄关系有以下3点值得注意：

1. 各年龄组常见及最常见的牙磨耗度13—19岁为0—2度（上颌右侧为0及1度）；

20—29 岁为 1 及 2 度；30—39 岁上颌为 1—3 度，下颌为 2 及 3 度；40—49 岁为 2—4 度；50—59 岁为 3 及 4 度；60 岁以上为 4 及 5 度。

2. 各年龄组的牙磨耗度出现情况在同颌两侧相似，而对颌同侧（同侧上、下颌）或反对侧（上颌的左侧对下颌的右侧或右侧对左侧）在 30 岁以上有一定的差异，即下颌牙磨耗度较上颌牙略重。

3. 6 度和 0 度的特殊性 6 度在 40 岁以下见不到，在其它年龄组也属少见或罕见，说明牙磨耗达到牙颈即使在高龄组也不常见。0 度在 30 岁以上见不到，在 20—30 岁也为罕见，说明 0 度磨耗仅限于少年时期。

上述各牙磨耗度随年龄的增长，由轻至重，顺序发展，差异明显。但各年龄组常见的牙磨耗度数并不是单一的，一般都有 2—3 个最常见和常见的度数。在各年龄组间既有重复，又有各自的特点，这是符合实际情况的。

三、牙磨耗度的侧别、颌别和牙别的比较

在不考虑年龄的情况下，计算出牙磨耗度在各牙中出现的频率如表 2—5—2。

（一）侧别比较

即左侧与右侧的比较。在上颌，左右侧之间的牙磨耗频率无明显差异；在下颌，右侧的侧切牙和磨牙的 4 度磨耗比左侧同名牙常见。

（二）颌别比较

下颌中切牙的 5、6 度磨耗均比上颌同名牙常见；左侧第二双尖牙的 4、6 度磨耗比上颌同名牙常见；右侧的侧切牙 4 度磨耗比上颌同名牙常见；上颌右侧第一双尖牙在 6 度磨耗，第 2 双尖牙在 5 度磨耗比下颌同名牙常见。

（三）牙别比较

即不同牙磨耗度之间的比较。表 2—5—2 也反映出每个牙在不同磨耗度中的表现情况。不论哪一种磨耗度，其在大多数牙的出现率都在 5—20%之间，说明在不考虑年龄因素的情况下，这些牙的表现比较均一，都曾经历过不同程度的磨耗。频率过低（5%以下）或频率过高（20%以上）仅见于少数牙。

磨耗度频率过低的牙，主要见于 4—6 度磨耗，如只有下颌左侧尖牙、第一双尖牙在 4 度，下颌右侧第二双尖牙在 5 度，上颌左侧和下颌右侧第一双尖牙在 6 度等均属于这一情况。说明这些尖牙、双尖牙在重度磨耗中是少见的牙。

表 2—5—2 各牙磨耗度的频率（%）

牙	右侧							磨耗度	左侧						
	7	6	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	6	7
上颌	18.4	31.6	7.9	13.2	10.5	10.5	7.9	6	10.3	15.4	10.3	2.6	5.1	38.5	18.0
	21.0	35.9	11.4	10.4	6.9	6.6	7.9	5	7.9	7.2	7.5	7.9	11.1	36.6	21.9
	19.4	25.1	15.2	11.3	7.4	7.7	14.0	4	16.2	9.0	8.7	9.5	16.0	20.1	20.6
	16.7	17.0	12.0	11.4	14.4	11.4	17.2	3	16.8	10.4	15.4	12.8	11.2	17.9	15.6
	14.5	14.7	10.0	10.5	13.6	15.9	20.9	2	20.0	14.3	13.5	10.1	11.1	15.5	15.4
	9.4	6.5	17.7	20.0	19.2	17.8	9.3	1	9.6	18.7	17.6	21.0	17.0	6.9	9.3
	18.5	10.9	23.8	18.9	9.5	12.4	7.0	0	7.1	13.7	11.7	16.4	23.5	11.3	16.4
下颌	16.2	6.7	20.4	22.4	11.2	13.0	10.0	0	9.2	6.8	10.7	21.2	23.3	10.1	18.7
	11.6	8.5	19.2	23.2	19.5	11.5	6.5	1	6.2	12.5	19.9	24.1	19.7	7.3	10.4
	14.3	15.3	12.1	10.6	13.6	17.0	17.1	2	17.3	17.3	12.4	11.2	11.4	15.5	15.0
	13.9	13.7	11.4	11.2	14.1	15.7	20.0	3	20.7	15.5	14.3	9.2	11.2	15.0	14.1
	16.6	20.1	14.5	9.3	9.5	13.7	16.3	4	7.2	5.9	4.9	3.7	61.1	8.9	8.3
	21.2	31.7	2.7	9.0	9.0	8.3	12.2	5	13.7	11.2	9.0	8.3	7.9	33.6	16.9
	18.5	27.8	5.5	3.7	7.4	13.0	24.1	6	25.8	11.4	8.1	8.1	11.3	19.4	16.1

频率过高的牙，在各个磨耗度中都有，这些牙是：

0 度　下颌第一双尖牙和上下颌第二双尖牙；

1 度　第一双尖牙；

2 度　上颌中切牙；

3 度　下颌中切牙；

4 度　下颌左侧第二双尖牙，上颌左侧磨牙和上下颌右侧第一磨牙；

5 度　所有磨牙，仅下颌左侧见于第一磨牙；

6 度　下颌中切牙，上颌第一磨牙和下颌右侧第一磨牙。

上述情况表明，在 3 度以下轻度磨耗中最易发生的牙是中切牙和双尖牙；在 4 度以上重度磨耗中最多发的牙是磨牙，并见于个别的中切牙和第二双尖牙。这些频率过低和过高的牙，在依据磨耗度判定年龄时值得注意。在重度磨耗中频率过低的牙用于判定年龄效果较差；频率过高的牙由于大都经历了不同的磨耗度，其效率较高，其中磨牙对判定年龄是更有价值的。

由上述分析可以看出，七级分度法能充分反映年龄变化的特点，是比较灵敏的反映牙的年龄变化的观察指标。同时由牙的侧别、颌别、牙别磨耗度出现情况看，既有一致之处，又有不同的各自的特点，因此用整颌牙的磨耗度推定年龄，可以充分利用每个牙所提供的磨耗度与年龄关系的信息。从而能有效地提高推定牙龄的准确度。

当然，用这种新方法推定年龄，不仅要求充分掌握各组牙的磨耗分度标准，而且首先要求准确掌握牙的侧别、颌别鉴别方法，直至准确判定其名称，在此基础上才能做出科学的判断。

第二节 牙磨耗度的相关性

用整颌牙的磨耗度判定年龄亟待解决的问题之一，是对缺失牙、修复牙及龋齿的磨耗度合理补充。宋宏伟、贾静涛在新建立的牙磨耗分度基础上，应用数量化理论Ⅳ和电子计算机技术对全口腔牙磨耗度之间的相关性进行了研究，为准确地补充这一类牙的磨耗度提供了科学依据。

一、各牙之间磨耗度的相关性

应用数量化理论Ⅳ建立数学模型，对磨耗度的相关性进行分析，得到磨耗度的相关矩阵表（表 2—5—3）。各牙之间的相关性用相关系数（R）来衡量。相关矩阵表是对称的，每一颗牙都与其它 27 颗牙相关，但其亲近的程度因牙而异。

1. 无论上颌牙和/或下颌牙的磨耗度之间的密切程度都存在着如下的关系：即首先是同颌同侧同一牙群内的牙及同颌对侧同名牙，其次是对颌同一牙群内的牙，再次是其它牙群。其相关系数（R）大都在 0.70 以上，有的达 0.90 以上。

2. 也有一些牙与上述的情况不符，主要见于尖牙和上颌切牙。

（1）尖牙：相关程度首先是同颌对侧同名牙及相邻的双尖牙、侧切牙、其次是其它牙。

（2）上颌切牙：首先是同颌对侧同名牙，其次是相邻的切牙及其它切牙，再次是其它牙。

各牙磨耗度之间不仅存在着相关性，而且还存在着良好的对称性，即同颌两侧同名牙的磨耗度相似或相同。牙磨耗的这种对称性，是对牙磨耗相关性研究的一个重要的发现。为补充无法判定的牙磨耗度提供了一个简便易行的方法。

二、同名牙群磨耗度的相关性

（一）同颌同名牙群磨耗度的相关性

根据各同名牙群（磨牙、双尖牙、尖牙及切牙）内牙磨耗度之间的相关系数，计算出同颌各同名牙群磨耗度的平均相关系数，如表 2—5—4。

表 2—5—3　　　　**牙磨耗度相关矩阵表**

		上颌右侧							上颌左侧							下颌右侧							下颌左侧						
		7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
上颌右侧	7	1	.91	.87	.83	.73	.71	.72	.73	.70	.74	.77	.81	.87	.90	.88	.86	.83	.80	.74	.73	.74	.72	.70	.74	.77	.80	.86	.87
	6	.91	1	.86	.81	.71	.69	.71	.72	.69	.72	.75	.81	.89	.88	.87	.89	.82	.79	.75	.73	.74	.72	.70	.72	.75	.78	.86	.86
	5	.87	.86	1	.91	.77	.71	.72	.72	.71	.73	.82	.86	.85	.86	.85	.85	.87	.83	.75	.70	.72	.71	.70	.75	.79	.82	.84	.85
	4	.83	.81	.91	1	.82	.73	.73	.72	.73	.75	.84	.85	.82	.82	.82	.81	.85	.84	.77	.71	.72	.72	.71	.77	.80	.81	.81	.82
	3	.73	.71	.77	.82	1	.77	.72	.73	.73	.79	.78	.76	.73	.73	.73	.71	.74	.77	.81	.73	.73	.73	.73	.76	.74	.73	.72	.73
	2	.71	.69	.71	.73	.77	1	.80	.77	.81	.72	.72	.71	.70	.72	.71	.68	.69	.71	.73	.74	.74	.73	.73	.72	.70	.68	.70	.70
	1	.72	.71	.72	.73	.72	.80	1	.91	.79	.73	.72	.72	.73	.74	.73	.72	.73	.72	.74	.78	.79	.77	.76	.73	.71	.69	.74	.74
上颌左侧	1	.73	.72	.72	.72	.73	.77	.91	1	.80	.74	.73	.71	.74	.75	.74	.74	.74	.73	.74	.78	.79	.80	.77	.74	.71	.71	.74	.75
	2	.70	.69	.71	.73	.73	.81	.79	.80	1	.77	.73	.72	.71	.72	.71	.68	.71	.72	.73	.74	.75	.75	.75	.75	.73	.70	.71	.72
	3	.74	.72	.73	.75	.79	.72	.73	.74	.77	1	.80	.75	.73	.74	.72	.71	.73	.75	.78	.73	.71	.73	.76	.81	.76	.73	.73	.74
	4	.77	.75	.82	.84	.78	.72	.72	.73	.73	.80	1	.87	.78	.79	.77	.76	.80	.80	.76	.72	.72	.74	.74	.78	.82	.79	.78	.78
	5	.81	.81	.86	.85	.76	.71	.72	.71	.72	.75	.87	1	.82	.83	.82	.81	.81	.80	.74	.71	.71	.72	.71	.75	.79	.82	.82	.82
	6	.87	.89	.85	.82	.73	.70	.73	.74	.71	.73	.78	.82	1	.91	.87	.87	.82	.79	.73	.73	.73	.73	.72	.74	.76	.79	.88	.87
	7	.90	.88	.86	.82	.73	.72	.74	.75	.72	.74	.79	.83	.91	1	.90	.87	.84	.81	.75	.75	.75	.74	.73	.75	.78	.82	.88	.90
下颌右侧	7	.88	.87	.85	.82	.73	.71	.73	.74	.71	.72	.77	.82	.87	.90	1	.90	.84	.81	.74	.73	.75	.74	.71	.73	.78	.81	.87	.90
	6	.86	.89	.85	.81	.71	.68	.72	.74	.68	.71	.76	.81	.87	.87	.90	1	.85	.80	.74	.73	.75	.74	.71	.74	.77	.79	.88	.87
	5	.83	.82	.87	.85	.74	.69	.73	.74	.71	.73	.80	.81	.82	.84	.84	.85	1	.88	.77	.74	.74	.74	.72	.77	.82	.82	.83	.84
	4	.80	.79	.83	.84	.77	.71	.72	.73	.72	.75	.80	.80	.79	.81	.81	.80	.88	1	.79	.73	.72	.72	.73	.78	.83	.82	.79	.81
	3	.74	.75	.75	.77	.81	.73	.74	.74	.73	.78	.76	.74	.73	.75	.74	.74	.77	.79	1	.82	.79	.78	.78	.81	.78	.76	.74	.73
	2	.73	.73	.70	.71	.73	.74	.78	.78	.74	.73	.72	.71	.73	.75	.73	.73	.74	.73	.82	1	.88	.85	.85	.78	.75	.73	.74	.73
	1	.74	.74	.72	.72	.73	.74	.79	.79	.75	.71	.72	.71	.73	.75	.75	.75	.74	.72	.79	.88	1	.93	.84	.76	.75	.74	.76	.75
下颌左侧	1	.72	.72	.71	.72	.73	.73	.77	.80	.75	.73	.74	.72	.73	.74	.74	.74	.74	.72	.78	.85	.93	1	.86	.77	.75	.72	.75	.75
	2	.70	.70	.70	.71	.73	.73	.76	.77	.75	.76	.74	.71	.71	.73	.71	.71	.72	.73	.78	.85	.84	.86	1	.82	.77	.73	.73	.73
	3	.74	.72	.75	.77	.76	.72	.73	.74	.75	.81	.78	.75	.74	.75	.73	.74	.77	.78	.81	.78	.76	.77	.82	1	.81	.76	.76	.75
	4	.77	.75	.79	.80	.74	.70	.71	.71	.72	.76	.82	.79	.76	.78	.78	.77	.82	.83	.79	.75	.75	.75	.77	.81	1	.86	.78	.79
	5	.80	.78	.82	.81	.73	.68	.69	.71	.70	.73	.79	.82	.79	.82	.81	.79	.82	.82	.76	.73	.74	.72	.73	.76	.86	1	.81	.81
	6	.86	.86	.84	.81	.72	.70	.74	.74	.71	.73	.74	.82	.88	.88	.87	.88	.83	.79	.74	.74	.76	.75	.73	.76	.78	.81	1	.91
	7	.87	.86	.85	.82	.73	.70	.74	.75	.72	.74	.78	.82	.87	.90	.90	.87	.84	.81	.73	.73	.75	.75	.73	.75	.79	.81	.91	1

表 2—5—4　　同颌同名牙群磨耗度平均相关系数（$\bar{R}$）

牙　群	上颌		下颌	
	$\bar{R}$	顺　序	$\bar{R}$	顺　序
磨　　牙	0.893	1	0.888	1
双　尖　牙	0.858	2	0.842	3
尖　　牙	0.790	4	0.810	4
切　　牙	0.813	3	0.868	2

$F_S=10>5.42=F_{0.01}$　$P<0.01$　$F_S=7>5.42=F_{0.01}$　$P<0.01$

由表可知，各同颌同名牙磨耗度的平均相关系数（$\bar{R}$）由高至低的顺序，在上颌牙为磨牙＞双尖牙＞切牙＞尖牙；下颌牙为磨牙＞切牙＞双尖牙＞尖牙。无论上颌牙还是下颌牙，磨牙的相关性是最高的，尖牙是最低的。上、下颌，相关顺序的不同是双尖牙和切牙。在上颌，双尖牙磨耗度的平均相关系数高于切牙；在下颌，切牙磨耗度的平均相关系数高于双尖牙。

（二）对颌同名牙群磨耗度的相关性

根据各同名牙群磨耗度的相关系数，计算出对颌同名牙群磨耗度的平均相关系数如表 2—5—5。

表 2—5—5　对颌同名牙群磨耗度的平均相关系数（$\bar{R}$）

牙　群	$\bar{R}$	顺　序
磨　牙	0.874	1
双尖牙	0.815	2
尖　牙	0.790	3
切　牙	0.761	4

$F_S=188>4.31=F_{0.01}$　$p<0.01$

表 2—5—5 显示对颌同名牙群磨耗度的相关性顺序为磨牙＞双尖牙＞尖牙＞切牙。其平均相关系数比同颌同名牙群相对小一些。说明同颌同名牙群磨耗度的相关性好于对颌同名牙群。

三、非同名牙群磨耗度的相关性

磨耗度的相关性在非同名牙群之间存在着差异，如磨牙与双尖牙、尖牙和切牙；双尖牙与尖牙和切牙；尖牙与切牙之间的差异都有一定的规律性。根据非同名牙群磨耗度的相关系数，计算出其平均相关系如表 2—5—6。

表 2—5—6　非同名牙群磨耗度的平均相关系数（$\bar{R}$）

牙　群	$\bar{R}$		顺序
	右	左	
磨　牙——双尖牙	0.823	0.796	1
双尖牙——尖　牙	0.770	0.768	2
尖　牙——切　牙	0.754	0.760	3
磨　牙——尖　牙	0.733	0.743	4
磨　牙　切　牙	0.719	0.732	5
双尖牙——切　牙	0.718	0.726	6

$F_S=115>3.34=F_{0.01}$　$F_S=17>3.43=F_{0.01}$　$p<0.01$

由表可知，非同名牙群磨耗度的平均相关系数顺序左右侧基本相同，说明牙磨耗度在上颌和/或下颌的左侧与右侧是对称的。其平均相关系数的顺序：磨牙与双尖牙＞双尖牙与尖牙＞尖牙与切牙＞磨牙与尖牙＞磨牙与切牙＞双尖牙与切牙。由此顺序可知，各牙（群）之间磨耗度的相关性与牙在口腔中的位置和形

态有关，彼此接近，相关性就好些，反之，则差些。

第三节　缺失牙磨耗度的补充方法

一、牙磨耗度相关矩阵表法

牙磨耗度相关矩阵表的相关系数共有28行和28列，每一个牙都与其它27个牙存在着相关性，其相关程度因牙而异。无论缺失哪个牙，都可在与其相关的27个牙中找相关系数最高的牙来补充，用该牙的磨耗度来代替缺失牙的磨耗度。

（一）步骤

1. 将被检牙（上颌/下颌）确定牙位后，判定出各牙的磨耗度。
2. 对缺失牙和其它无法判定磨耗度的牙，确定其牙位。
3. 把缺失牙由矩阵表中（行或列）找出，按该牙的行或列与已知牙之间的相关性（相关系数）进行比较，选出与其相关性最高的牙，用该牙的磨耗度来补充缺失牙的磨耗度。若该牙也缺失，就选择与其相关性较好的牙来补充，依次类推。

（二）应用举例

某市公安局将一具无名尸体的牙（19个）送来要求鉴定年龄。

1. 根据牙的形态特征，判定各牙在口腔中的位置如下：

	右侧牙							左侧牙						
上颌	7	6	×	×	3	×	1	×	×	3	4	5	6	7
下颌	7	6	5	4	3	×	×	1	×	3	4	×	6	7

×：缺牙

2. 根据磨耗度的七级标准判断上述各牙的磨耗度为：

	右侧牙							左侧牙						
牙位	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
上颌牙磨耗度	2	3	×	×	3	×	2	×	×	3	3	3	3	3
下颌牙磨耗度	3	3	3	4	3	×	×	3	×	2	4	×	4	3

3. 查相关矩阵表　根据缺失牙与已知牙的相关程度找出最相近的牙，用该牙的磨耗

度补充缺失牙的磨耗度。本例缺失牙与其相关最密切的已知牙的关系如下：

		缺失牙	相关牙	R	磨耗度
上颌	右	2	1⌋	0.80	2
		4	⌊5	0.85	3
		5	⌊5	0.86	3
	左	1	1⌋	0.91	2
		2	1⌋	0.79	2
下颌	右	1	⌈1	0.93	3
		2	⌈1	0.85	3
	左	2	⌈1	0.86	3
		5	⌈4	0.86	4

4. 经过对缺失牙磨耗度的补充，全口腔（28个）牙磨耗度的判定结果如下：

	右侧牙							左侧牙						
	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
上颌牙磨耗度	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3
下颌牙磨耗度	3	3	3	4	3	3	3	3	3	2	4	4	4	3

二、牙磨耗度的对称性法

即依同颌两侧牙磨耗度对称的原理，用已知牙磨耗度补充缺失牙的磨耗度。此法简单易行。如上例应用此法来补充，也可得到用"相关矩阵表法"类似的结果。下面是依已有牙判定出磨耗度的情况：

	右侧牙							左侧牙						
	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
上颌牙磨耗度	2	3	×	×	3	×	2	×	×	3	3	3	3	3
下颌牙磨耗度	3	3	3	4	3	×	×	3	×	2	4	×	4	3

根据牙磨耗的对称性，将同颌两侧进行比较，可得到：

	右侧牙							左侧牙						
	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
上颌牙磨耗度	2	3	3	3	3	×	2	2	×	3	3	3	3	3
下颌牙磨耗度	3	3	3	4	3	×	3	3	×	2	4	3	4	3

除上、下颌侧切牙外，其它牙的磨耗度都已得到补充。剩下的牙可根据同颌同一牙群内的磨耗度相关性较好的关系进行补充。全部（28个）牙磨耗度的补充结果如下：

	右侧牙							左侧牙						
	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
上颌牙磨耗度	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3
下颌牙磨耗度	3	3	3	4	3	3	3	3	3	2	4	3	4	3

将上述结果与应用“相关矩阵表法”的结果对比，基本上是相同的（除下颌左侧第二双尖牙为3度外）。

对缺失牙的磨耗度补充后，将其代入推断年龄方程，便可进行年龄鉴定。由于人的牙在不同的年龄时期，总要发生各种病理变化、修复与损伤，很难有全口腔的牙是完整的。这种补充缺失牙磨耗度方法，为进一步应用推断年龄方程打下了基础。

参 考 文 献

1. 宋宏伟，贾静涛。牙齿磨耗分度的研究。法医学杂志　1986；2（4）：15
2. 宋宏伟，贾静涛。牙齿磨耗度的相关性研究。法医学杂志　1987；3（3）：6

（宋宏伟）

第六章　根据汉族牙的磨耗度推定年龄

第一节　用整颌牙推定年龄

1987年，宋宏伟、贾静涛首次报道用牙磨耗七级分度标准，以数量化第一类理论，多元逐步回归的统计方法和电子计算机技术研究牙龄的成果，达到了较为准确地推定年龄的目的。

研究对象是辽宁省城乡人口880例（活人）。其中城市人口544例（男251，女293）；农村人口336例（男136，女200）。年龄范围13—19岁（193例）、20—29岁（273例），30—39岁（166例）、40—49岁（75例），50—59岁（115例）和60岁以上（58例）。每例除第三磨牙外均予收集。牙的总数为24 640个，其中正常牙占96.1%。

一、推定年龄的方程

依据上述资料，应用数量化理论Ⅰ和多元逐步回归方法，建立了推断年龄的数学模型，并借助电子计算机技术，得出推断年龄方程，使推断年龄的标准数量化。由于考虑到上下颌牙磨耗度的差别及性别、城乡等因素的影响，得出在各种不同条件下推定年龄

方程 10 个。包括：①未知性别、地区；②农村，男；③农村，女；④城市、男，⑤城市，女。每种再分为上颌牙与下颌牙。下例为已知农村、女性、上颌牙的推断年龄方程：

$$Y = 43.74 + 1.35X3 + 6.00X4 + 11.54X5 + 1.69X10 + 4.96X11 + 11.82X12 + 2.38X14 + 14.93X17 + 21.09X18 - 3.41X22 - 3.85X23 - 1.05X25 - 1.61X28 - 21.66X29 + 5.46X30 + 1.74X33 + 10.43X35 + 1.96X39 - 11.84X41 + 2.27X44 - 2.49X45 - 2.78X47 - 10.00X49 - 7.81X50 - 4.40X51 + 9.50X54 - 3.69X55 - 1.87X56 + 1.07X63 + 5.12X65 + 4.81X70 + 8.66X71 - 1.27X73 - 4.51X77 - 9.03X78 - 8.61X79 - 6.32X80 - 3.54X81 + 5.46X84$$

式中 Y 为基准变量（推定年龄），X 为说明变量（磨耗度）。

为了进一步提高推定牙龄的准确性，1988 年，作者等又在上述资料基础上，推出已知年龄范围的牙龄推定方程 10 个。包括 13—20 岁、18—30 岁、25—40 岁、35—50 岁及 45—80 岁的上下颌牙牙龄推定方程。下例为 13—20 岁上颌牙的牙龄推定方程。Y 为估计年龄，X 为牙磨耗度。

$$Y = 19.28 - 1.53X1 - 0.27X6 + 0.44X7 + 2.03X8 - 1.27X9 + 1.24X12 - 1.62X15 + 0.74X19 + 0.67X21 + 0.34X22 + 4.98X24 - 2.12X25 - 1.14X26 - 1.30X27 - 1.73X32 + 2.55X36 - 0.50X37 - 2.25X40 + 0.47X43 + 1.07X44 - 0.99X45 - 0.40X46 - 0.29X51 - 0.84X53$$

二、推定年龄表

为了在实践中应用方便，将上述 20 个推定牙龄方程，转化为 10 个推定年龄表。表中的 C 是常数，R 是相关系数，S_x是标准误。

推定年龄时，用的是上颌牙和/或下颌牙（14 颗），但表中并不是每个牙的每种磨耗度都有系数可查的。在推定牙龄表中，其所以许多变量没有赋予数值，是因为应用多元回归的方法所致。在逐步回归方法的流程中，有时前面选进的变量，在后面可能从回归方程中被剔除，因为它的作用已被后面的变量所代替。假如其中还有作用无显著意义的说明变量，也予以剔除。直到没有说明变量引入，也没有说明变量被剔除为止，得到的方程才是最优回归方程。

10 个推定年龄表可依据下述已知条件选用，其中：已知年龄范围 35—50 岁，45—80 岁两个表，因不比未知年龄更好而省略。

（1）未知性别、地区　表 2—6—1

（2）农村、男　表 2—6—2

（3）农村、女　表 2—6—3

（4）城市、男　表 2—6—4

（5）城市、女　表 2—6—5

(6) 已知年龄范围 13—20 岁　表 2—6—6

(7) 已知年龄范围 18—30 岁　表 2—6—7

(8) 已知年龄范围 25—40 岁　表 2—6—8

表 2—6—1　**推定年龄表**（未知性别、地区）

颌	牙	磨	耗	度				
		0	1	2	3	4	5	6
上颌右侧	7	−3.05	−1.19		2.43	4.12	5.53	
	6				1.60	3.62	3.14	12.78
	5	−1.95		1.73				
	4		0.74		2.36		3.77	
	3							
	2				1.65			13.77
	1	−8.22	−7.49	−5.90	−3.88	−2.48		
上颌左侧	1				1.02	2.37		
	2			0.66				
	3			1.64	3.57	3.42	2.89	
	4	−8.64	−7.88	−7.19	−5.88	−3.74		13.18
	5				1.52			8.96
	6				2.17	2.38		
	7			0.95	5.16	9.23	13.66	21.19
			C=34.83	R=0.94	$S_{\bar{x}}$=0.19			
下颌右侧	7			1.69	4.85	7.00	9.62	8.93
	6			0.36	3.64	4.73	3.92	2.62
	5			−1.23			2.83	
	4	−1.67	−0.78					5.60
	3							5.66
	2			0.72	0.60		−2.08	
	1	−2.35	−2.27			4.78	7.50	8.56
下颌左侧	1			−0.94	0.60		−2.43	−8.80
	2				0.58		4.59	11.18
	3	−5.04	−4.41	−3.01	−1.19			
	4	−0.88		0.87	2.54	4.06	2.73	4.98
	5	−1.71			2.26			−3.71
	6						−1.39	−3.06
	7	−1.26		1.55	4.39	9.13	12.93	22.51
			C=25.06	R=0.93	$S_{\bar{x}}$=0.20			

表 2—6—2　　**推定年龄表**（农村，男）

颌	牙	磨		耗	度		
		1	2	3	4	5	6
上颌右侧	7				2.94	2.95	7.71
	6	1.70		−0.80	1.50	7.02	10.28
	5	1.91	4.14		−1.34		−23.08
	4			6.10	1.72		
	3	−1.04		1.74		6.39	14.07
	2		−0.46	−1.36		7.55	
	1		1.26				10.64
上颌左侧	1	−6.01	−7.06	−3.38		14.45	
	2					−11.90	−15.72
	3			−1.46	2.06	1.94	11.40
	4			−1.08	−2.65	5.35	
	5	−13.20	−10.29	−8.34	−5.44		21.66
	6		3.43	6.16	5.02		−8.90
	7	−1.17		3.57	7.59	8.57	25.21
		C=36.89		R=0.97	$S_{\bar{x}}$=0.38		
下颌右侧	7					4.91	−4.68
	6	−4.10	−4.00				
	5		−1.77	1.87		6.34	8.32
	4				−5.42	−14.70	10.58
	3		−1.12	0.86			
	2	−2.63		1.24	2.62		
	1				3.97		5.43
下颌左侧	1		−1.73				
	2				−3.61	5.16	
	3	−3.49	−2.81			7.95	−6.87
	4			−2.25			
	5	−2.61			5.17	4.34	
	6	−1.90		−2.01			9.74
	7	−3.93	−1.05		8.44	13.73	25.78
		C=36.57		R=0.97	$S_{\bar{x}}$=0.37		

表 2—6—3　　推定年龄表（农村，女）

颌	牙	磨耗度 1	2	3	4	5	6
上颌右侧	7			1.35	6.00	11.54	
	6				1.69	4.69	11.82
	5		2.38			14.93	21.04
	4				−3.41	−3.85	
	3	−1.05			−1.61	−21.66	5.46
	2			1.74		10.43	
	1			1.95		−11.84	
上颌左侧	1		2.27	−2.49		−2.78	
	2	−10.00	−7.81	−4.40			9.50
	3	−3.68	−1.87				
	4			1.07		5.12	
	5				4.81	8.66	
	6	−1.27				−4.51	−9.03
	7	−8.61	−6.32	−3.54			5.46
		C=43.74		R=0.93	$S_{\bar{x}}$=0.35		
下颌右侧	7	−6.76	−3.92	−2.73			6.62
	6			2.33	2.97	2.60	−17.11
	5	1.50				4.93	
	4		0.92		1.84	10.07	13.27
	3						15.07
	2			1.27			
	1				2.21		
下颌左侧	1	3.54			2.85	4.57	
	2	−1.14			−5.44	−4.63	
	3	−1.67			5.69		
	4	−1.25		1.09		−2.78	
	5	−2.65					
	6						
	7	−3.04	−1.88		5.84	14.31	13.52
		C=34.77		R=0.92	$S_{\bar{x}}$=0.37		

表 2—6—4　　推定年龄表（城市，男）

颌	牙	磨		耗		度		
		0	1	2	3	4	5	6
上颌右侧	7	−1.73	−1.72		3.54		2.79	−38.56
	6				2.02	3.99	3.15	47.60
	5	−4.91	−2.85			3.64	−10.11	
	4			−2.11		3.96	12.23	
	3				−1.79	−3.90	−16.28	
	2			−1.15			−6.31	
	1				3.26	1.88		
上颌左侧	1			1.51	2.64	7.49		
	2					−7.51	23.93	15.20
	3	−6.61	−6.30	−4.24	−2.81			
	4			1.53	2.44		22.88	
	5	−1.23			−1.10	3.14	8.70	
	6					8.52	11.98	
	7			1.03	5.86	13.58	14.07	25.64
			C=28.64	R=0.97	$S_{\bar{x}}$=0.26			
下颌右侧	7			−0.97	8.13	7.31	7.53	−14.29
	6			3.12	4.44	8.79	9.08	74.42
	5		−0.99		2.06	10.06	24.07	−99.04
	4			−1.66		8.11	35.07	
	3					−7.26	−17.26	−34.95
	2			1.04	−1.22	4.51		
	1	−1.17		1.27	8.55	4.51	3.24	22.27
下颌左侧	1				−2.83			
	2					−9.03	−4.26	
	3	−3.05	−3.44	−1.01		6.50		
	4				5.62	15.84	−26.04	
	5	−1.61			2.92	−15.68	−62.73	
	6						−2.53	
	7		1.98	4.43	6.82	3.14		51.74
			C=17.66	R=0.96	$S_{\bar{x}}$=0.31			

表 2—6—5　　推定年龄表（城市，女）

颌	牙	磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
上颌右侧	7	−11.40	−9.08	−7.57			−4.41	15.16
	6		−0.65		1.55	5.23	4.99	
	5	−1.75		0.70	3.45	7.05		
	4		1.42		4.74	5.04		26.85
	3	−5.74		−5.25	−3.45	−5.25		
	2				4.72			17.29
	1	−3.54	−1.77			3.10		
上颌左侧	1				1.91	2.24	9.05	
	2				3.06	6.14		
	3			0.64	−1.21		−5.02	
	4			1.72	3.57	−2.71		6.57
	5						5.20	−5.29
	6				3.59	7.75	4.42	8.87
	7				1.17			
			C=34.18	R=0.97	$S_{\bar{x}}$=0.24			
下颌右侧	7			2.32	9.59	17.32	14.51	
	6			−0.86		−3.69		
	5	−1.91		−1.44	−1.29			−8.68
	4				3.28			
	3			0.87	−1.85	5.55		
	2			0.99				
	1	−1.27	−2.08		2.91	4.68		
下颌左侧	1		0.98		2.14			16.73
	2				−1.18	4.63		17.25
	3	−1.71			2.82		8.77	
	4			2.98	2.12	7.42	6.67	
	5		2.04			−2.83	−7.93	
	6				2.26	13.97	10.08	−17.03
	7			1.82	3.99			28.55
			C=17.06	R=0.95	$S_{\bar{x}}$=0.28			

表 2—6—6　　**推定年龄表（13—20 岁）**

颌	牙	磨耗度			
		0	1	2	3
上颌右侧	7	−1.53	—	—	—
	6	—	−0.27	0.44	2.03
	5	−1.28	—	—	1.24
	4	—	—	−1.62	—
	3	—	—	0.74	—
	2	0.67	0.34	—	4.98
	1	−2.12	−1.14	−1.30	—
下颌左侧	1	—	—	—	−3.32
	2	—	—	—	2.55
	3	−0.50	—	—	−2.55
	4	—	—	0.47	1.07
	5	−0.99	−0.40	—	—
	6	—	—	−0.20	—
	7	−0.84	—	—	—
		C−19.28　R=0.83　$S_{\bar{x}}$=0.096			
下颌右侧	7	—	—	—	—
	6	—	—	0.65	1.53
	5	—	0.38	—	—
	4	−0.78	—	0.59	—
	3	—	—	—	−0.60
	2	—	—	—	−3.55
	1	—	—	—	1.25
下颌左侧	1	—	—	—	−0.64
	2	—	—	—	2.71
	3	−0.90	—	0.36	—
	4	−0.42	—	0.71	—
	5	−1.15	—	−0.88	—
	6	—	—	−0.47	1.08
	7	−0.82	—	—	—
		C=16.74　R=0.79　$S_{\bar{x}}$=0.011			

表 2—6—7　　推定年龄表（18—30 岁）

颌	牙	磨耗度 0	1	2	3
上颌右侧	7	—	—	1.42	3.21
	6	—	—	−1.47	—
	5	—	—	—	1.13
	4	−1.76	—	—	—
	3	−3.29	—	−0.67	—
	2	—	0.43	—	—
	1	—	−1.22	—	—
上颌左侧	1	—	−0.47	—	0.65
	2	—	—	—	−1.36
	3	—	−2.32	−1.24	—
	4	—	1.23	—	—
	5	—	—	—	1.10
	6	—	−0.41	—	1.79
	7	−2.52	—	—	—
		$C=23.94$　$R=0.65$　$S_{\bar{x}}=0.15$			
下颌右侧	7	—	—	—	1.69
	6	—	—	—	0.73
	5	—	0.85	—	2.49
	4	—	0.51	—	—
	3	—	0.36	—	0.81
	2	−1.91	−0.52	—	—
	1	—	−1.02	—	—
下颌左侧	1	—	—	0.53	—
	2	−1.78	—	—	−0.45
	3	—	—	1.18	3.59
	4	—	0.85	—	—
	5	—	—	0.38	—
	6	—	0.56	—	—
	7	—	—	1.43	2.79
		$C=18.73$　$R=0.61$　$S_{\bar{x}}=0.16$			

表 2—6—8　　推定年龄表（25—40 岁）

颌	牙	磨耗度			
		1	2	3	4
上颌右侧	7	—	—	0.48	—
	6	−0.85	—	—	0.74
	5	—	1.25	—	1.07
	4	—	—	—	—
	3	0.71	0.96	—	−1.47
	2	−1.99	−0.97	—	—
	1	—	−1.69	—	3.14
上颌左侧	1	—	2.01	—	−3.32
	2	—	0.50	—	—
	3	—	—	1.37	1.02
	4	—	—	1.47	—
	5	−2.33	−0.92	—	—
	6	2.14	—	—	—
	7	—	2.06	4.30	5.38
		C=29.03　R=0.73　$S_{\bar{x}}$=0.19			
下颌右侧	7	—	0.69	3.35	4.43
	6	−1.45	—	−0.66	—
	5	−1.23	−1.09	—	—
	4	—	—	—	—
	3	—	—	0.52	—
	2	—	0.43	—	−0.97
	1	—	—		—
下颌左侧	1	−3.34	−1.51	—	—
	2	1.45	—	—	1.05
	3	2.22	1.64	1.01	—
	4	—	—	—	1.46
	5	−0.87	—	—	1.77
	6	−1.24	—	1.00	—
	7	—	—	0.67	0.82
		C=29.83　R=0.72　$S_{\bar{x}}$=0.20			

三、推定年龄表的应用

（一）步骤

1. 核对被检牙数，一一判定其牙位。
2. 一一判定其磨耗度（七级分度法），记入检验表格。
3. 按照"牙磨耗度相关矩阵表"，用已知牙的磨耗度补充缺失牙的磨耗度。
4. 根据已知条件，选定适宜的推定年龄表。
5. 计算年龄

（1）由相应的推断年龄表中，依所判定的牙位和磨耗度取出所赋的数值。

（2）计算各数值之和。

（3）所赋数值之和再加上该表下面注明的常数C，即得估计的年龄。

（4）若送检牙为上、下颌牙，分别计算后，可取二者的均值做为估计的年龄。

（二）推定年龄表的应用举例

某市公安局送检一无名尸牙齿19个，要求进行年龄鉴定。其中上颌牙10个，缺失4个。本例未知死者的性别及地区，适用推定年龄表2—6—1。其计算方法如表2—6—9。

表2—6—9　　计算例（上颌）

	牙	磨耗度	值
右	7	2	
	6	3	1.60
	5*	3	
	4*	3	2.36
	3	3	
	2	2	
	1	2	−5.90
左	1*	2	
	2*	2	0.66
	3	3	3.57
	4	3	−5.88
	5	3	1.52
	6	3	2.17
	7	3	5.16
		合计	5.26
		C	+34.83
		估计年龄	40.09
		实际年龄	38.00
		误差	2.09（岁）

* 缺失牙

四、整颌牙推定年龄的准确度

（一）未知年龄范围的推定年龄表准确度

根据本研究资料，计算出各方程的推定年龄与实际年龄之间的误差，得知其准确度如表 2—6—10。

表 2—6—10　推定年龄的准确度（%）

表号		误差（岁）			
		±3	±5	±7	±10
2—6—1	上颌	51.47	70.23	82.21	92.21
	下颌	50.34	68.86	81.14	92.27
2—6—2	上颌	61.43	81.43	95.76	98.58
	下颌	67.86	83.58	91.42	99.28
2—6—3	上颌	64.00	81.00	89.00	96.00
	下颌	57.00	75.00	85.00	96.00
2—6—4	上颌	62.45	84.08	96.36	99.06
	下颌	55.12	78.88	89.00	96.73
2—6—5	上颌	64.49	85.95	91.09	97.94
	下颌	53.42	76.73	87.32	97.25

由表可知，误差在±3 岁的为 50—67%，±5 岁为 68—86%，±7 岁为 82—96%。还有 5%左右误差在 10 岁以上。凡缺失牙多，年龄在 60 岁以上者，其准确度低。使用表 2—6—1，因未知性别和地区，其准确度低于用其他推定年龄表推定年龄。说明性别、地区因素与牙的磨耗度有关，如加以适当控制，可提高推定年龄的准确性。

（二）已知年龄范围的推定年龄表准确度

同上方法计算出各方程的推断年龄与实际年龄之间的误差，并与由未知年龄范围的方程所得结果对比，可知其误差明显小于未知年龄范围的年龄推定方程。其中以 13—20 岁的推定年龄方程准确度为最高，在±3 岁达 96.3%；25—40 岁和 18—30 岁的推定年龄方程，误差在±3 岁和±5 岁分别为 67.9—75.1%和 90.7—92.4%，其推定年龄的准确性较未知年龄的推定方程明显为高。说明在实际案例中，如估计死者年龄在 40 岁以下，应用已知年龄范围的推定年龄方程优于用未知年龄范围的推定方程。

（三）推广应用的考核

本研究过程是相当复杂的，涉及到法医学、口腔学、统计学及电子计算机科学等领域。但其成果的应用是极其简单的，不需要任何设备，只用一张纸，在现场就可以快速鉴定。

我们在 1987 年、1988 年分别为全国 27 个省、市、自治区的公、检、法系统办了三

期培训班，参加学习的法医学员达200余人，仅在1987年培训班结束后，不到半年的时间里，共破案23起，其结果如表2—6—11。

表2—6—11　案例应用的准确度

	性别		误差（岁）				案情		
	男	女	±1	±2	±3	±4	碎尸	无名尸	白骨化
例数	14	9	14	6	2	1	15	5	3
%	61	39	61	26	9	4	65	22	13

由上表可知误差在±3岁为96%，在法医人类学±5岁也是可以接受的。碎尸案的比例较多，占65%，其次是无名尸案。

第二节　用牙群及单个牙的磨耗度推定年龄

1991年，作者等就云南昆明市汉族273例，研究了南方汉族的牙龄推定问题。其年龄范围在13—63岁，平均25.7岁。正常牙7 224颗，占94.5%。

就所得的两个上、下颌推定年龄回归方程的准确度与东北汉族相比无显著差异。依据上述资料研究了用牙群磨耗度推定汉族牙龄问题，得出了用切牙、尖牙、双尖牙和磨牙等牙群推定年龄的4个多元逐步回归方程，转化为推定年龄表如表2—6—12。应用时，赋值之和加常数C即为推定的年龄。

同时研究了单个牙的推定年龄问题，得出根据单个牙推定年龄的直线回归方程28个，如表2—6—13所示。

表2—6—12　汉族牙群磨耗度推定年龄表

			牙	磨耗度						
				0	1	2	3	4	5	6
切牙	上颌	右	2		1.24	2.64	7.74	9.55		−45.85
			1		−5.04	−3.85		14.32		
		左	1				−3.15	−13.03	57.80	41.75
			2	−18.30	−14.24	−11.87	−7.65		−11.72	
	下颌	右	2		−1.70				−54.93	
			1				4.56	9.54	24.98	
		左	1			1.65		−2.38	−12.24	−47.16

续表

			牙	磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
		左	2				1.50	8.05	66.23	86.46
$C=34.80$ $R=0.91$ $S_{\bar{x}}=0.23$										
尖牙	上颌	右	3	−5.17	−5.95	−3.05				26.13
		左	3	−6.59	−4.58	−1.02			−13.87	
	下颌	右	3		1.48	3.46	7.50	13.20	21.70	16.46
		左	3	−2.73	−0.76			10.52	23.00	
$C=27.41$ $R=0.91$ $S_{\bar{x}}=0.27$										
双尖牙	上颌	右	5		0.71	2.89		11.50	12.57	57.10
			4	−4.34	−3.06		3.80	−14.29		
		左	4		0.84	−1.34				
			5			2.09	8.21	18.56		
	下颌	右	5			2.08	3.81	10.41		−17.36
			4			2.77		7.22		10.05
		左	4		0.94	2.73	6.34		22.48	
			5	−0.81		2.46	3.01	3.83	9.58	
$C=20.21$ $R=0.93$ $S_{\bar{x}}=0.26$										
磨牙	上颌	右	7	−0.95		2.74		−4.18	−26.34	
			6		1.00		3.41	8.45		
		左	6			0.91	−2.21	5.30		
			7			3.25		4.29	9.35	
	下颌	右	7			4.27	8.75	12.99	23.17	
			6				1.43			
		左	6			1.34	2.13	−8.36	54.08	−11.36
			7		0.87	3.77	15.65	25.64		
$C=15.92$ $R=0.94$ $S_{\bar{x}}=0.26$										

表 2—6—13　汉族单个牙推定年龄回归方程

	牙	右侧 方程	R	左侧 方程	R
上颌	7	Y=13.23+10.51X	0.91	Y=13.17+10.92X	0.92
	6	Y=11.42+10.01X	0.90	Y=11.37+10.41X	0.90
	5	Y=16.71+9.89X	0.90	Y=16.07+9.97X	0.90
	4	Y=13.14+10.43X	0.89	Y=13.09+10.34X	0.89
	3	Y=11.21+11.21X	0.88	Y=11.72+11.10X	0.89
	2	Y=7.92+11.47X	0.87	Y=10.01+10.10X	0.87
	1	Y=6.71+11.30X	0.87	Y=6.23+11.71X	0.87
下颌	7	Y=13.27+10.42X	0.92	Y=12.89+10.31X	0.92
	6	Y=11.29+10.13X	0.91	Y=11.09+10.17X	0.90
	5	Y=13.71+9.73X	0.90	Y=13.97+9.93X	0.90
	4	Y=12.84+9.82X	0.90	Y=12.71+9.50X	0.90
	3	Y=10.59+10.23X	0.89	Y=10.27+10.25X	0.89
	2	Y=6.71+10.41X	0.87	Y=8.07+9.91X	0.87
	1	Y=5.26+10.27X	0.86	Y=5.58+9.67X	0.86

根据各方程推定年龄与实际年龄之差，分别计算出不同误差范围的准确度，如表 2—6—14。

表 2—6—14　上、下颌牙及各牙群回归方程推定年龄准确度（%）

牙	误差（岁）±3	±5	±7	±10
上颌牙	69.82	88.94	94.34	99.01
下颌牙	71.39	81.94	91.44	99.04
切　牙	59.30	73.95	85.18	96.34
尖　牙	54.48	73.68	88.21	93.04
双尖牙	61.14	79.25	89.41	95.60
磨　牙	63.59	83.18	91.04	97.44

上表的资料经统计学检验表明，依整颌牙磨耗度推定年龄，在上下颌之间无明显差异，但与牙群相比则差异显著。各牙群之间也有显著差异，以磨牙和双尖牙两群为好，尖

牙和切牙次之。

依单个牙的磨耗度推定年龄方程经检验结果，其总体比较有显著的差异，但就各个牙之间比较，无差异者占多数（79.2%）、由单个牙推定年龄准确度较好的是磨牙，以下依次是双尖牙、尖牙和切牙。

（宋宏伟）

参考文献

1. 宋宏伟，贾静涛。根据牙齿磨耗度推断年龄的研究。法医学杂志，1987；3(4)：21—26。
2. 宋宏伟，贾静涛。根据牙齿磨耗度对已知年龄范围的牙龄的推定。法医学杂志，1988；4(2)：15—19。
3. Song HW, Jia JT. The application of the theory quantification (type I) in the age estimation by the teeth. J Chn Med Univ 1987;16(suppl)：1—5.
4. Song HW, Jia JT. The estimation of tooth age from attrition of the occlusal surface. Med sci Law 1989; 29(1)：69—73.

第七章　根据中国少数民族牙的磨耗度推定年龄

第一节　根据壮族牙的磨耗度推定年龄

一、推定年龄表

研究对象为壮族人 307 例，来源于广西壮族自治区柳江县。年龄范围在 12—85 岁，平均年龄 30.5 岁。正常牙共 8 222 颗，占 95.7%。

经统计分析得到推定年龄表 3 个：

1. 上下颌牙推定年龄表　表 2—7—1
2. 牙群推定年龄表　表 2—7—2
3. 单个牙推定年龄方程　表 2—7—3

应用方法见第六章。但在使用表 2—7—1 时，所得的赋值之和，除加 M 值外，尚应加常数值 C，即可得到推定的年龄。

表 2—7—1　　依壮族暨颌牙磨耗度推定年龄表

	牙	磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
上颌右侧	7	−3.26	−3.23		2.32			43.31
	6	−9.04	−8.74	−5.01	−1.76		5.64	
	5	−1.99			−3.50	−11.87	11.20	
	4		−0.60		6.88	15.89	−11.67	
	3	−3.82	−2.59				6.71	
	2	−3.15	−0.88		3.25	6.23		
	1			2.67	3.56	−4.88	−14.84	
上颌左侧	1					4.24	20.53	
	2	7.04	5.26	6.26	4.24			
	3				3.89	9.21	16.85	
	4			1.79		4.08		
	5					−7.55	−9.98	
	6		0.65			5.75		
	7	−4.96	−2.60		−1.40	9.98	14.60	
	C=32.96		R=0.96		M=−2.36		$S_{\bar{x}}$=0.25	
下颌右侧	7		1.12	2.03		−1.67	6.22	
	6	−11.93	−10.56	−8.29	−7.13			
	5	−2.00		2.57	3.79			13.42
	4	−1.28		−0.74		−2.26	4.28	
	3				3.62	7.49	6.62	
	2		−1.06		−0.81	−3.90		
	1					5.03		24.11
下颌左侧	1				1.78	−1.54		
	2			0.52			4.28	
	3	−1.67		0.63	2.20	3.46	−3.79	
	4	−14.95	−14.40	−13.30	−10.66	−7.81		
	5	−1.43		0.90			−10.35	
	6				3.25			
	7					6.30	13.42	
	C=51.55		R=0.95		M=−2.72		$S_{\bar{x}}$=0.25	

表 2—7—2　　依壮族牙群磨耗度推定年龄

		牙	磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
上切牙	右	2	−9.34	−9.17	−5.24			10.80	41.38
		1						−6.57	
	左	1	−4.03	−3.18			2.32	7.51	
		2	−1.99	−1.82					
下切牙	右	2			2.27	4.09	9.69	16.50	28.61
		1							
	左	1				4.81	5.97		
		2	−2.80	−1.94			5.24	12.37	
			C=30.53		R=0.88		$S_{\bar{x}}$=0.38		
上尖牙	右	3	−9.69	−7.30	−3.09			19.07	29.70
	左	3	−12.69	−9.58	−7.10	−4.18			
下尖牙	右	3		3.01	5.00	7.90	11.30	17.49	
	左	3	−14.01	−12.09	−8.67	−3.66			
			C=46.31		R=0.90		$S_{\bar{x}}$=0.36		
上双尖牙	右	5	−1.59		3.30		−5.17		31.77
		4			1.07	4.88	12.98	14.50	
	左	4	−5.68	−4.26			2.70	8.62	
		5					−5.70	−9.42	
下双尖牙	右	5	−8.06	−4.79	−1.09				
		4	−1.31		−1.10			6.47	
	左	4			2.14	3.85	7.25	17.54	14.50
		5		2.12	3.45	8.23	6.72		20.07
			C=30.26		R=0.93		$S_{\bar{x}}$=0.30		
上磨牙	右	7	−5.55	−4.37				2.30	22.97
		6	−3.24	−2.39		3.07	3.51	8.42	
	左	6			−1.02		3.78		
		7	−5.34	−3.19		−2.38		3.10	
下磨牙	右	7	−2.32			−2.31	−5.31		18.13
		6		−0.96		0.91	3.75		
	左	6	−4.30	−3.64	−1.73		−1.59		
		7	−20.00	−18.48	−13.99	−10.33			
			C=54.62		R=0.94		$S_{\bar{x}}$=0.29		

表 2—7—3　　依壮族单个牙磨耗度推定年龄回归方程

	牙	右侧 方程	右侧 R	左侧 方程	左侧 R
上颌	7	Y=14.96+10.71X	0.84	Y=14.35+11.08X	0.87
	6	Y=12.52+10.08X	0.84	Y=12.46+10.30X	0.82
	5	Y=16.51+9.63X	0.83	Y=16.02+9.82X	0.82
	4	Y=14.45+10.41X	0.85	Y=14.60+10.51X	0.84
	3	Y=11.58+11.54X	0.82	Y=12.89+10.82X	0.80
	2	Y=8.17+11.92X	0.76	Y=10.08+10.95X	0.74
	1	Y=5.50+11.57X	0.72	Y=5.46+11.62X	0.75
下颌	7	Y=14.40+10.69X	0.82	Y=13.97+10.92X	0.89
	6	Y=11.16+10.20X	0.80	Y=11.22+10.20X	0.83
	5	Y=14.83+9.73X	0.86	Y=15.38+9.50X	0.84
	4	Y=13.83+9.81X	0.84	Y=14.72+9.36X	0.85
	3	Y=10.65+10.06X	0.81	Y=10.51+10.15X	0.83
	2	Y=6.22+10.36X	0.78	Y=8.03+9.69X	0.80
	1	Y=4.07+10.13X	0.77	Y=5.58+9.68X	0.77

二、依壮族牙磨耗度推定年龄的准确度

依壮族整颌牙及牙群推定年龄的准确度如表 2—7—4 所示。

表 2—7—4　　依壮族牙磨耗度推定年龄准确度（%）

牙	误差（岁）							
	N	±3	N	±5	N	±7	N	±10
上颌牙	192	62.54	260	84.69	278	90.55	300	97.72
下颌牙	200	65.15	257	81.11	281	91.53	300	97.72
切　牙	158	51.46	198	64.50	233	75.90	278	90.55
尖　牙	143	46.58	212	69.06	253	82.41	281	91.53
双尖牙	173	56.35	228	74.27	264	85.99	290	94.46
磨　牙	188	61.12	239	77.85	266	86.69	294	95.77

第二节　根据蒙古族牙的磨耗度推定年龄

一、推定年龄表

研究对象为蒙古族人 307 例，来源于内蒙古自治区阿拉善左旗。年龄范围在 13—81 岁，平均年龄 29.8 岁。正常牙共 8 162 颗，占 95.0%。

经统计分析得到推定年龄表 3 个：

1. 上下颌牙推定年龄表　表 2—7—5
2. 牙群推定年龄表　表 2—7—6
3. 单个牙推定年龄方程　表 2—7—7

表 2—7—5　　依蒙古族暨颌牙磨耗度推定年龄表

		磨耗度						
	牙	0	1	2	3	4	5	6
上颌右侧	7			3.35	9.04	17.16	45.69	
	6			1.31			20.32	
	5	−6.24	−3.69				2.63	
	4			−2.12	3.06			−18.96
	3		−1.23					
	2		−3.78	−2.38				
	1		−1.56		2.34			40.71
上颌左侧	1		1.94					
	2					3.73	13.69	
	3			−2.25	−2.15		18.40	
	4	−3.87	−4.00			−2.54	−7.66	
	5	−3.68	−1.89			6.21	8.87	
	6	2.27		2.49			9.10	
	7	−4.47	−2.52					
	C=36.23		R=0.95		M=−1.59		$S_{\bar{y}}$=0.26	

续表

	牙	磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
下颌右侧	7			4.03	6.11	16.72	40.37	32.38
	6	−3.46	−2.02		1.05			
	5	−3.65	−4.17	−2.31				28.05
	4			1.85		−7.37		
	3				1.64	6.89	10.46	
	2			1.16		−2.85	−13.52	
	1				1.96		9.84	20.69
下颌左侧	1		−1.00		2.26		−3.38	
	2				3.42	3.94		−8.61
	3		−2.18					
	4		1.10				−3.17	
	5			2.18	5.11	8.84	10.30	
	6				−1.62			
	7	−5.62	−3.34	−1.46		3.80	10.07	
		C=28.54		R=0.95		M=−1.0		$S_{\bar{x}}=0.27$

表 2—7—6　**依蒙古族牙群磨耗度推定年龄表**

		牙	磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
上切牙	右	2	−5.36	−7.11	−3.55		2.62	18.38	
		1				5.59	3.15	−23.90	15.60
	左	1						20.87	
		2				1.82	4.26	8.26	
下切牙	右	2			1.03	4.86	4.89		
		1	−7.22	−5.60	−4.70			5.05	6.69
	左	1						5.22	
		2		−1.29		3.35	3.65		14.95
			C=30.33		R=0.89		$S_{\bar{x}}=0.37$		

续表

		牙	磨耗度						
			0	1	2	3	4	5	6
上尖牙	右	3	−11.27	−9.18	−3.68			3.19	
	左	3				1.16	8.18	11.58	
下尖牙	右	3	−10.62	−6.03	−2.89			5.31	20.50
	左	3	−6.32	−10.23	−1.97		1.78		
			C=44.52		R=0.90		$S_{\bar{x}}$=0.35		
上双尖牙	右	5	−2.28		4.40	4.53	8.56	14.49	30.14
		4			−1.61	2.49		6.17	22.31
	左	4			1.95				
		5	−4.24	−1.41			5.36	−7.70	33.29
下双尖牙	右	5	−5.93	−5.21	−1.45		2.06		
		4			1.39		−4.04		
	左	4	−2.98	−2.19				5.34	
		5			1.91	4.64	7.35		
			C=29.09		R=0.93		$S_{\bar{x}}$=0.29		
上磨牙	右	7	−15.48	−13.64	−9.84	−5.46		14.84	24.16
		6				1.02		22.00	
	左	6		−1.69		−2.07		4.91	
		7	−2.67	−1.58				−5.24	
下磨牙	右	7			3.31	7.21	12.41	−1.58	
		6		−1.97		2.09			
	左	6	−2.83						
		7		−13.17	−11.17	−7.64	−5.82		
			C=48.84		R=0.94		$S_{\bar{x}}$=0.28		

表 2—7—7　　依蒙古族单个牙磨耗度推定年龄回归方程

	牙	右侧 方程	右侧 R	左侧 方程	左侧 R
上颌	7	Y=7.47+11.54X	0.85	Y=11.40+11.74X	0.85
	6	Y=7.37+11.73X	0.84	Y=9.51+10.49X	0.83
	5	Y=12.23+9.72X	0.83	Y=13.30+9.32X	0.86
	4	Y=12.53+9.85X	0.85	Y=12.26+9.92X	0.85
	3	Y=11.32+11.39X	0.83	Y=11.01+11.22X	0.82
	2	Y=7.79+10.78X	0.78	Y=9.64+10.28X	0.76
	1	Y=2.07+11.13X	0.78	Y=2.37+11.02X	0.78
下颌	7	Y=10.41+11.74X	0.88	Y=10.61+11.27X	0.86
	6	Y=6.54+11.12X	0.82	Y=7.75+10.16X	0.81
	5	Y=11.49+10.11X	0.87	Y=12.46+9.33X	0.88
	4	Y=11.84+10.01X	0.86	Y=12.67+9.60X	0.85
	3	Y=11.51+9.87X	0.83	Y=10.85+10.03X	0.84
	2	Y=4.90+10.50X	0.78	Y=6.32+9.85X	0.79
	1	Y=0.85+10.91X	0.84	Y=1.47+10.57X	0.79

二、依蒙古族牙磨耗度推定年龄的准确度

依蒙古族整颌牙及牙群推定年龄的准确度如表 2—7—8 所示。

表 2—7—8　　依蒙古族牙磨耗度推定年龄准确度（%）

牙	误差（岁）							
	N	±3	N	±5	N	±7	N	±10
上颌牙	188	61.23	249	81.11	274	89.21	299	97.39
下颌牙	187	60.91	249	81.11	281	91.53	300	97.72
切　牙	146	47.56	200	65.15	233	75.90	278	90.55
尖　牙	141	45.93	219	71.74	258	84.04	294	95.77
双尖牙	168	54.72	232	75.78	272	88.53	294	95.77
磨　牙	185	60.26	243	79.15	274	89.21	297	96.74

第三节　根据回族牙的磨耗度推定年龄

一、推定年龄表

研究对象为回族人 306 例，来源于宁夏回族自治区银川市。年龄范围在 12—81 岁，平均年龄 34.8 岁。正常牙共 8 176 颗，占 95.4%。

经统计分析得到推定年龄表 3 个：

1. 上下颌推定年龄表　表 2—7—9
2. 牙群推定年龄表　表 2—7—10
3. 单个牙推定年龄表　表 2—7—11

表 2—7—9　　依回族整颌牙磨耗度推定年龄

	牙	磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
上颌右侧	7	−4.41	−2.73				10.69	
	6			1.51	1.69			
	5	−8.94	−6.63	−5.78	−4.96			
	4	−4.09	−3.61		1.89			
	3	−4.07	−6.62	−6.54	−9.88	−6.10		
	2				2.14	5.27		
	1	−3.97	−1.17					
上颌左侧	1				0.91			10.05
	2			0.77	2.97	5.73	12.71	7.34
	3			1.12	−1.67			
	4			3.29	4.76	8.59	7.23	
	5	−2.19					−6.89	
	6						−2.21	6.15
	7	−12.33	−11.47	−7.31	−4.17			
		C=54.83	R=0.95	M=−3.72		$S_{\bar{x}}=0.32$		
下颌右侧	7	−6.17	−4.25			6.49	12.80	
	6	−3.81	−2.89				−5.19	
	5						10.73	
	4			1.37	2.25		−8.11	
	3		3.38	1.48			5.38	9.36
	2		−1.30					−11.06
	1			−3.24				17.49
下颌左侧	1	−4.19	−3.89					
	2				2.49	6.35	8.12	
	3		−2.57					6.71
	4		1.72		5.78	8.21		
	5			2.66	2.00		−4.69	
	6			2.39	4.09	9.51	17.56	
	7				3.79	4.75	−5.69	
		C=29.79	R=0.95	M=−2.84		$S_{\bar{x}}=0.32$		

表 2—7—10　　　　**依回族牙群磨耗度推定年龄**

		牙	磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
上切牙	右	2	−15.19	−13.22	−10.79	−8.32	−4.83		
		1	−2.30		1.84			7.63	
	左	1				2.09		−14.96	
		2			1.38	4.95	12.74	20.80	13.44
下切牙	右	2				1.59			
		1	−14.74	−12.71	−12.28	−5.39			
	左	1					−3.42		
		2	−10.20	−10.40	−6.85		2.89		
			C=52.16		R=0.92		$S_{\bar{x}}$=0.41		
上尖牙	右	3	−21.62	−21.21	−14.57	−14.05	−6.36		5.10
	左	3	−8.39	−5.72					
下尖牙	右	3	−6.03	−2.95			3.61		
	左	3	−17.64	−15.59	−10.45	−5.41			7.05
			C=65.37		R=0.92		$S_{\bar{x}}$=0.40		
上双尖牙	右	5	−3.60				4.62	9.02	14.70
		4	−1.86		6.59	9.01	7.79	4.46	
	左	4	−15.12	−14.11	−9.81	−10.99	−4.13		4.33
		5						−4.86	
下双尖牙	右	5	−5.66	−3.21				11.24	
		4		−1.44		1.16		−8.05	
	左	4			1.64	4.27	8.23	10.86	11.82
		5	−2.00			2.33			16.93
			C=41.40		R=0.94		$S_{\bar{x}}$=0.35		
上磨牙	右	7	−7.06	−4.41			2.08	−9.24	14.16
		6			1.52	4.11		13.08	
	左	6			−3.25	−4.99			
		7	−7.73	−6.65	−2.09			6.65	28.86
下磨牙	右	7			1.05		7.02	16.85	
		6	−1.21		2.73	2.40			
	左	6			2.93	7.28	12.98	17.63	
		7	−1.74		2.60	8.34	7.41		
			C=31.45		R=0.94		$S_{\bar{x}}$=0.34		

表 2—7—11　　依回族单个牙磨耗度推定年龄回归方程

	牙	右侧		左侧	
		方程	R	方程	R
上颌	7	Y=14.44+12.09X	0.86	Y=13.80+12.03X	0.88
	6	Y=9.71+12.38X	0.83	Y=11.48+11.02X	0.85
	5	Y=16.28+10.06X	0.87	Y=15.77+9.95X	0.88
	4	Y=14.98+10.60X	0.87	Y=14.61+10.24X	0.89
	3	Y=12.73+11.97X	0.85	Y=12.68+11.37X	0.86
	2	Y=9.54+11.98X	0.84	Y=9.77+11.85X	0.84
	1	Y=4.83+11.59X	0.80	Y=4.83+11.59X	0.80
下颌	7	Y=13.08+11.82X	0.87	Y=12.75+12.00X	0.89
	6	Y=9.08+11.67X	0.86	Y=9.36+10.04X	0.88
	5	Y=13.13+10.74X	0.88	Y=14.01+10.04X	0.88
	4	Y=14.06+10.48X	0.87	Y=14.37+10.08X	0.88
	3	Y=11.68+11.21X	0.85	Y=11.39+10.87X	0.87
	2	Y=5.93+11.21X	0.83	Y=5.55+11.08X	0.89
	1	Y=0.46+11.67X	0.86	Y=1.24+11.34X	0.86

二、依回族牙磨耗度推定年龄的准确度

依回族整颌牙及牙群磨耗度推定年龄的准确度如表 2—7—12 所示。

表 2—7—12　　依回族牙磨耗度推定年龄准确度（%）

牙	误差（岁）							
	N	±3	N	±5	N	±7	N	±10
上颌牙	188	61.44	243	79.41	272	88.89	292	95.43
下颌牙	196	64.05	243	79.41	272	88.89	288	94.12
切　牙	131	42.81	179	58.50	222	72.55	263	85.95
尖　牙	144	47.06	208	67.97	245	80.07	275	89.87
双尖牙	176	57.52	224	73.20	249	81.37	283	92.48
磨　牙	182	59.48	240	78.43	263	85.95	287	93.79

第四节　根据藏族牙的磨耗度推定年龄

一、推定年龄表

研究对象为藏族人 206 例。来源于四川省西昌市盐源县。年龄范围在 12—84 岁，平均年龄 33.0 岁。正常牙为 5 047 颗，占 87.5%。

经统计分析得到推定年龄表 3 个：

1. 上下颌牙推定年龄表　表 2—7—13

2. 牙群推定年龄表　表 2—7—14

3. 单个牙推定年龄方程　表 2—7—15

表 2—7—13　　**依藏族整颌牙磨耗度推定年龄表**

牙		磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
上颌右侧	7	−4.63	−3.99			5.44	14.21	22.75
	6	1.80			−2.15	−3.60		
	5	−1.73					8.68	−37.00
	4			3.79	12.04	10.41	13.74	
	3		0.96		−2.20		4.85	−28.17
	2			0.76			−15.58	−6.88
	1				−2.81		7.60	−15.26
上颌左侧	1				4.73	4.37		
	2		−0.77		1.24	3.04	4.67	16.11
	3			1.85		1.66	8.44	
	4			1.01		−2.21		35.60
	5	−1.96					−5.69	
	6	−6.47	−4.21	−3.37				59.86
	7			1.01	4.45	7.47		
		C=27.00		R=0.97		M=−1.03		$S_{\bar{x}}$=0.29
下颌右侧	7			2.64	5.48	8.06		78.88
	6					−5.02	6.18	
	5			3.29			−1.75	
	4	−2.18		−2.44				
	3	−2.69			−2.54	2.46	4.80	−26.75
	2					−7.89	−3.98	
	1		−4.14	−2.49	−4.18			−15.81
下颌左侧	1						1.74	18.22
	2		−2.49	−3.27				
	3	−5.03	−1.11		1.28		9.18	
	4			2.75	4.71	3.19	−6.97	12.90
	5			1.85	6.75	14.88	12.89	
	6							
	7		1.61	3.19	7.05	7.55	18.27	
		C=26.28		R=0.97		M=−0.97		$S_{\bar{x}}$=0.30

表 2－7－14　　依藏族牙群磨耗度推定年龄表

		牙	磨耗度						
			0	1	2	3	4	5	6
上切牙	右	2		4.18	6.27		2.58		13.74
		1	−9.67	−6.17	−5.15			4.95	
	左	1				5.23			
		2			1.39	9.66	11.48	10.75	16.15
下切牙	右	2		−3.25			−8.27	5.04	
		1			3.72	4.94	11.53		
	左	1			−3.65	2.16		11.18	21.62
		2			1.38	5.01	10.33	9.64	
		C=18.49		R=0.92		$S_{\bar{x}}$=0.48			
上尖牙	右	3	−9.36	−8.19	−3.90		1.81	12.37	13.31
	左	3	−14.04	−11.37	−5.96			5.20	15.00
下尖牙	右	3	−3.41				3.37	8.75	
	左	3		−1.69		5.18	3.76		−9.65
		C=39.73		R=0.91		$S_{\bar{x}}$=0.48			
上双尖牙	右	5				4.33	4.18	12.30	
		4			3.51	6.05	5.82	10.94	
	左	4	−1.69			5.61	1.79	6.28	22.31
		5		2.35	3.66	−2.34		−6.22	−23.57
下双尖牙	右	5			3.48			−5.95	3.83
		4	−4.51	−2.78	−5.13			2.43	
	左	4				2.31		7.11	10.94
		5			5.94	8.83	12.85	12.21	62.54
		C=20.18		R=0.96		$S_{\bar{x}}$=0.34			
上磨牙	右	7	−1.66		4.04	6.56	7.15	10.58	
		6					1.73		
	左	6		2.74	3.56			10.47	
		7	−11.01	−8.94	−5.62		1.84		47.77
下磨牙	右	7	−7.22	−6.65	−3.60		6.45		
		6				2.23		6.38	
	左	6				3.51	7.39		
		7			2.70	1.61		6.43	
		C=31.56		R=0.94		$S_{\bar{x}}$=0.40			

表 2—7—15　依藏族单个牙磨耗度推定年龄回归方程

	牙	右侧 方程	R	左侧 方程	R
上颌	7	Y=11.93+10.91X	0.83	Y=11.48+11.01X	0.90
	6	Y=6.98+10.83X	0.83	Y=6.46+10.70X	0.86
	5	Y=13.77+8.66X	0.89	Y=14.17+8.49X	0.88
	4	Y=13.11+8.65X	0.91	Y=14.47+8.47X	0.89
	3	Y=11.46+9.74X	0.86	Y=11.20+9.62X	0.87
	2	Y=8.47+10.05X	0.80	Y=8.55+9.62X	0.83
	1	Y=3.20+10.97X	0.82	Y=3.61+10.76X	0.82
下颌	7	Y=12.27+10.71X	0.89	Y=10.70+10.89X	0.83
	6	Y=3.72+11.30X	0.87	Y=3.63+11.46X	0.84
	5	Y=13.92+8.92X	0.87	Y=12.94+9.25X	0.85
	4	Y=13.24+9.07X	0.89	Y=12.87+9.08X	0.88
	3	Y=9.71+9.62X	0.86	Y=9.91+9.38X	0.90
	2	Y=4.69+10.04X	0.83	Y=4.95+9.77X	0.85
	1	Y=3.54+9.81X	0.82	Y=3.39+9.81X	0.89

二、依藏族牙磨耗度推定年龄的准确度

依藏族整颌牙及牙群推定年龄的准确度如表 2—7—16 所示。

表 2—7—16　依藏族牙磨耗度推定年龄准确度（%）

牙	误差（岁） N	±3	N	±5	N	±7	N	±10
上颌牙	142	68.93	174	84.47	189	91.75	204	99.03
下颌牙	144	69.90	174	84.47	189	91.75	204	99.03
切　牙	101	49.03	134	65.05	157	76.21	179	86.99
尖　牙	103	49.83	147	71.33	170	82.52	184	89.41
双尖牙	123	59.59	162	78.64	183	88.83	197	95.63
磨　牙	117	56.88	150	72.90	174	84.58	192	93.20

第五节　根据维吾尔族牙的磨耗度推定年龄

一、推定年龄表

研究对象为维吾尔族人 280 例，来源于新疆维吾尔族自治区乌鲁木齐市。年龄范围在 13—77 岁。正常牙为 7 363 颗，占 93.9%。

经统计分析得到推定年龄表 3 个：

1. 上下颌牙推定年龄表　表 2—7—17

2. 牙群推定年龄表 表2—7—18。

3. 单个牙推定年龄方程 表2—7—19。

表2—7—17 依维吾尔族整颌牙磨耗度推定年龄

	牙	磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
上颌右侧	7	−3.71			4.52	8.88	14.32	
	6	−3.07	−1.66		1.45	2.96	16.90	
	5	−4.37	−2.23			−2.34		22.87
	4			3.03				
	3	−12.24	−2.71	−3.84			4.32	
	2		−1.48		1.21		6.94	
	1	7.75	9.66	4.17			4.41	
上颌左侧	1		−3.19		4.30	5.38		
	2				4.60		4.05	
	3		−6.04	−6.10		−4.16	−6.42	
	4	2.54					8.08	
	5	−2.76	−2.67				−9.89	
	6	3.48	3.18	4.25				
	7	−13.40	−12.82	−9.60	−5.60			
	C=42.87		R=0.92		M=−155		$S_{\bar{x}}$=0.36	
下颌右侧	7			−1.16	3.62	11.52	29.61	57.17
	6		1.68	3.11		−6.29		
	5	−16.68	−16.51	−12.17	−8.23			
	4		3.09	4.00		−4.19	−2.17	
	3		0.92			3.28	−3.42	
	2				4.73	8.27		−10.98
	1				−3.85	−8.12	9.69	16.52
下颌左侧	1				4.98	7.59	−5.85	23.74
	2				−1.40	3.66		
	3		−1.77				7.09	12.41
	4					−3.92		12.92
	5			1.21		5.23	−4.94	
	6					2.08	13.80	
	7			5.06	2.93			
	C=32.75		R=0.92		M=−1.34		$S_{\bar{x}}$=0.33	

表 2—7—18　　**依维吾尔族牙群磨耗度推定年龄表**

		牙	磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
上切牙	右	2	−13.00	−9.48	−7.59	−3.89			
		1		3.99	4.03		−3.68	6.64	
	左	1				3.53	4.31		58.25
		2		7.31	8.61	14.52	11.31	16.26	
下切牙	右	2	−15.13	−8.27	−6.93		4.99	−4.66	
		1		8.43	2.69		−6.02		
	左	1		−6.01	−5.63		1.69		18.04
		2				1.48	6.15	5.11	16.78
			C=26.96		R=0.89		$S_{\bar{x}}$=0.40		
上尖牙	右	3	−17.37						−9.29
		3		−10.51	−6.66			−3.80	
下尖牙	左	3				2.50	8.29	7.27	18.35
		3	−12.50	−9.14	−2.69			13.51	9.59
			C=39.51		R=0.85		$S_{\bar{x}}$=0.44		
上双尖牙	右	5	−6.10	−3.03					32.28
		4			2.12			5.12	
	左	4			−1.08	1.48		6.43	7.37
		5	−3.24	−3.91				−8.53	
下双尖牙	右	5	−13.28	−13.12	−9.51	−6.44			
		4	−3.83					2.80	
	左	4					−2.63	6.00	
		5			1.69	3.14	8.68		
			C=40.83		R=0.88		$S_{\bar{x}}$=0.40		
上磨牙	右	7	−3.25		2.48	7.02	10.23	19.34	8.36
		6	−5.01	−4.22	−1.41			17.20	
	左	6			1.90				
		7	−26.26	−25.21	−19.42	−17.06	−14.95		
下磨牙	右	7			−8.88	2.02		−10.82	7.73
		6		−1.05			−5.43		
	左	6		−1.04					
		7	−5.42	−5.09			3.60		
			C=55.57		R=0.88		$S_{\bar{x}}$=0.40		

表 2—7—19　　依维吾尔族单个牙磨耗度推定年龄回归方程

	牙	右侧 方程	R	左侧 方程	R
上颌	7	Y=13.69+10.71X	0.79	Y=13.25+10.42X	0.83
	6	Y=10.13+9.95X	0.78	Y=12.28+9.07X	0.75
	5	Y=16.14+7.78X	0.82	Y=15.95+7.87X	0.79
	4	Y=15.25+8.03X	0.81	Y=15.55+7.98X	0.78
	3	Y=13.65+9.17X	0.77	Y=13.90+8.82X	0.77
	2	Y=9.18+9.23X	0.77	Y=10.42+8.86X	0.76
	1	Y=4.51+9.69X	0.71	Y=4.13+9.71X	0.74
下颌	7	Y=12.38+10.31X	0.80	Y=13.14+9.93X	0.80
	6	Y=9.68+9.21X	0.72	Y=9.40+9.44X	0.74
	5	Y=14.13+8.16X	0.83	Y=13.06+8.03X	0.80
	4	Y=14.77+8.03X	0.81	Y=14.53+7.99X	0.79
	3	Y=12.74+8.33X	0.78	Y=11.54+8.84X	0.81
	2	Y=4.44+9.78X	0.78	Y=7.40+8.83X	0.76
	1	Y=5.26+8.89X	0.77	Y=3.07+9.36X	0.76

二、依维吾尔族牙磨耗度推定年龄的准确度

依维吾尔族整颌牙及牙群推定年龄的准确度如表 2—7—20 所示。

表 2—7—20　　依维吾尔族牙磨耗度推定年龄准确度（%）

牙	误差（岁） N	±3	N	±5	N	±7	N	±10
上颌牙	163	56.21	212	75.71	241	86.07	262	93.57
下颌牙	164	58.57	212	75.71	244	87.14	265	94.64
切　牙	120	42.86	160	57.36	221	78.92	248	88.57
尖　牙	105	37.50	159	56.78	207	73.93	263	83.93
双尖牙	144	51.42	200	71.43	223	79.64	246	87.86
磨　牙	143	51.07	196	70.00	224	80.00	254	90.71

第六节　根据彝族牙的磨耗度推定年龄

一、推定年龄表

研究对象为彝族人 413 例，来源于云南省安宁县和四川省盐源县。年龄范围在 13—

70 岁，平均年龄 25.3 岁。正常牙 9 846 颗，占 85.1%。

经统计分析得到推定年龄表 3 个：

1. 上下颌牙推定年龄表　表 2—7—21

2. 牙群推定年龄表　表 2—7—22

3. 单个牙推定年龄方程　表 2—7—23

表 2—7—21　　依彝族整颌牙磨耗度推定年龄表

	牙	磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
上颌右侧	7	−0.94		3.19	7.08	6.95		33.25
	6		−0.60					
	5					2.36		
	4	−1.18		2.53		1.59		−15.49
	3		−4.45	−4.15	−3.47			36.95
	2					−3.90	−36.95	
	1		−0.69					
上颌左侧	1				−2.77	1.59		
	2	−4.43	−3.12	−2.03		2.89	16.46	
	3	−2.95	−1.67				23.41	
	4			2.33	2.75	2.83		
	5			2.15	4.13	6.01	−6.08	
	6	−1.52	−1.03		1.43			
	7			2.65	6.68	7.14	12.20	
		C=29.75		R=0.92		M=−1.46	$S_{\bar{x}}$=0.24	
下颌右侧	7	−0.87		3.27	5.47	9.93		
	6			0.82		3.71		62.28
	5	−2.76	−3.21	−1.31		7.90	−16.15	
	4			3.71	1.68	−8.28	19.70	16.05
	3	−1.42			1.31			
	2				−2.22		−15.21	
	1				3.93	9.95	27.94	
下颌左侧	1		2.03	2.50		−7.75	−9.24	−4.57
	2		−0.87		3.77	3.65	24.23	
	3	−1.13		0.67		2.07		−25.37
	4	2.85	3.65	5.49				
	5	−12.17	−12.35	−8.60	−8.02	−4.81		
	6				2.01			−13.48
	7			3.15	9.80			
		C=28.08		R=0.94		M=−1.00	$S_{\bar{x}}$=0.22	

表 2－7－22　　依彝族牙群磨耗度推定年龄表

		牙	磨耗度 0	1	2	3	4	5	6
上切牙	右	2	−5.38	−4.94	−1.66				
		1		−1.25		3.82	11.61		
	左	1				−4.15	−8.10		
		2	−15.04	−11.63	−8.50	−3.35			
下切牙	右	2			1.66		3.71		
		1				5.58	11.70	18.26	29.77
	左	1					−3.05	−7.71	−22.96
		2			1.57	6.12	4.48	12.72	22.94
			C=33.24		R=0.82		$S_{\bar{x}}$=0.35		
上尖牙	右	3	−9.52	−10.32	5.22				13.34
	左	3	−11.13	−9.20	−4.69	−2.52		−8.82	
下尖牙	右	3	−1.56		1.38	5.46	8.23	10.56	9.18
	左	3	−5.43	−3.09		−1.55	3.31	12.16	
			C=40.48		R=0.84		$S_{\bar{x}}$=0.33		
上双尖牙	右	5			2.82		5.83	14.39	
		4	−6.99	−5.86	−3.05		−6.43	−19.68	
	左	4	−3.29	−2.30					
		5	−0.67		1.93	8.34	5.98		
下双尖牙	右	5			1.82	4.37	4.32		
		4			3.28	3.50	4.43	18.33	27.62
	左	4	−3.03	−2.36		−5.67		3.13	
		5	−6.60	−5.65	−2.54			8.34	
			C=35.86		R—0.91		$S_{\bar{x}}$=0.26		
上磨牙	右	7			3.46	7.16	11.49	30.18	44.03
		6				3.09	−2.11		
	左	6	−2.75	−1.60				−6.42	
		7			3.04	7.39	11.89	17.27	
下磨牙	右	7			4.83	6.27	6.33		
		6					3.72		
	左	6			0.66	3.12			
		7	−1.04		3.89	7.59	9.13		
			C=18.97		R=0.90		$S_{\bar{x}}$=0.27		

表 2—7—23　　依彝族单个牙磨耗度推定年龄回归方程表

	牙	右侧		左侧	
		方程	R	方程	R
上颌	7	Y=12.94+10.32X	0.78	Y=11.83+10.32X	0.79
	6	Y=9.41+9.38X	0.68	Y=8.52+9.65X	0.72
	5	Y=15.44+8.80X	0.78	Y=15.51+8.42X	0.78
	4	Y=13.11+9.95X	0.78	Y=12.85+9.82X	0.78
	3	Y=10.74+10.02X	0.75	Y=12.03+8.93X	0.73
	2	Y=10.90+9.60X	0.67	Y=10.42+9.53X	0.68
	1	Y=6.87+9.53X	0.67	Y=7.28+9.31X	0.61
下颌	7	Y=12.99+9.80X	0.78	Y=12.02+10.50X	0.78
	6	X=8.86+9.49X	0.69	Y=10.16+8.71X	0.68
	5	Y=14.11+8.99X	0.78	Y=14.34+9.29X	0.80
	4	Y=12.70+9.82X	0.78	Y=12.95+9.69X	0.75
	3	Y=10.79+8.43X	0.73	Y=11.51+8.06X	0.72
	2	Y=7.42+8.55X	0.69	Y=7.17+8.74X	0.68
	1	Y=3.46+9.36X	0.71	Y=4.63+8.92X	0.69

二、依彝族牙磨耗度推定年龄的准确度

依彝族整颌牙及牙群推定年龄的准确度如表 2—7—24 所示。

表 2—7—24　　依彝族牙磨耗度推定年龄的准确度（%）

牙	误差（岁）							
	N	±3	N	±5	N	±7	N	±10
上颌牙	271	65.62	334	80.87	357	86.44	392	94.92
下颌牙	282	68.28	324	78.50	357	86.44	392	94.92
切　牙	218	52.78	287	69.49	331	80.11	371	89.89
尖　牙	209	50.66	286	69.25	331	80.15	357	86.44
双尖牙	247	59.79	327	79.23	356	86.15	386	94.44
磨　牙	277	67.07	342	82.81	387	93.70	406	98.31

第七节　用牙磨耗度推定年龄准确性的民族间比较

牙的磨耗受众多因素的影响，不同民族之间的生活习惯、社会风俗和经济状况的不同，其牙的磨耗存在着民族、地区的差异。因此，由牙磨耗度法推断年龄也存在着民族、

地区的差异。本研究对壮、蒙等七个民族牙的磨耗度与年龄关系进行了研究，得到了上述各民族推断年龄的回归方程。为弄清各民族之间的差异及其关系，对上述各民族回归方程推断年龄的准确性进行分析。

对准确性的描述方法是多种多样的。根据法医实际工作的需要，本研究用推断年龄与实际年龄误差范围的百分比形式。每个民族的推断年龄回归方程依牙群不同分为上、下颌牙和切牙、尖牙、双尖牙及磨牙四个牙群。每对民族间比较均在同一牙群内进行，应用 X^2 检验对每对民族之间的关系进行分析。经编制“X2－1”程序，在 IBM PC/XT 电子计算机上完成。

结果和讨论

1. 上颌牙推断年龄准确性的比较　上颌牙的检验结果：①蒙古族、回族和彝族均与其它民族无差异；②壮、蒙古、回、藏、彝等民族和云南汉族之间无明显差异；③壮族（±5—7 岁）、藏族（±3 岁）和云南汉族（±3、±5—7、±7－10 岁）同维吾尔族差异显著。上述结果表明，由上颌牙推断年龄的准确性各民族之间存在如下关系：①壮、蒙古、回、藏、彝和云南汉族之间无明显差别，基本上是一致的；②壮、藏和云南汉族推断年龄的准确性最好，其次是壮、蒙古、回、藏和彝族，较差的是维吾尔族。

2. 下颌牙推断年龄准确性的比较　下颌牙的检验结果：①回族与其它民族之间无显著差异；②壮族（±3—5 岁）、藏族（±3 岁）、彝族（±3 岁）和云南汉族（±3 岁、±3—5 岁）与维吾尔族之间差异显著；③云南汉族（±3 岁、±3—5 岁）与蒙古族之间差异显著；④壮、蒙古、回、藏和彝族之间无明显差异。上述结果表明，由下颌牙推断年龄的准确性各民族间存在如下关系：①壮、蒙古、回、藏和彝族之间基本是一致的；②壮、藏、彝和云南汉族好于维吾尔族；③云南汉族好于蒙古族。在七个民族中，云南汉族最好，其次是壮、蒙古、回、藏和彝族；再次是维吾尔族。

3. 切牙推断年龄准确性的比较　切牙的检验结果：①壮、蒙古、藏（±5—7 岁）和彝、云南汉族（±3 岁、±5—7 岁）与维吾尔族差异显著；②蒙古族和回族（±3 岁）与云南汉族差异显著；③回族和彝族（±3 岁）差异显著；④壮、蒙古、回和藏族之间无明显差异。上述结果表明，由切牙推断年龄的准确性各民族之间主要存在如下关系：①壮、蒙古、藏、彝和云南汉族均好于维吾尔族；②云南汉族（±3 岁）好于蒙古族和回族；③彝族（±3 岁）好于回族；④壮、蒙古、回和藏族之间基本相同。七个民族中，推断年龄的准确性：首先是云南汉族；其次是彝族；再次是壮、蒙古、回和藏族；最后是维吾尔族。

4. 尖牙推断年龄准确性的比较　尖牙的检验结果：①回族与其它民族之间无明显差异；②壮、蒙古（±5—7 岁）和藏、彝、云南汉族（±3 岁、±5—7 岁）与维吾尔族差异明显；③壮、蒙古、回、藏、彝和云南汉族之间无显著差异。上述结果表明，由尖牙推断年龄的准确性各民族之间主要存在如下关系：①壮、蒙古、藏、彝和云南汉族好于

维吾尔族；②其它六个民族基本上相同。

5. 双尖牙推断年龄准确性的比较　双尖牙的检验结果：①壮族和回族与其它民族之间无明显差异；②蒙古、藏（±5—7岁）和彝族（±3岁）、云南汉族（±3岁、±5—7岁）与维吾尔族之间差异明显；③壮、蒙古、回、藏、彝和云南汉族之间无显著差异。上述结果表明，由双尖牙推断年龄的准确性各民族之间主要存在如下关系：①各民族好于维吾尔族；②其它民族之间基本相同。

6. 磨牙推断年龄准确性的比较　磨牙的检验结果：①彝族和云南汉族（±3岁）与维吾尔族差异显著；②壮、蒙古、回、藏、彝和云南汉族之间无显著差异。上述结果表明，由磨牙推断年龄的准确性各民族之间主要存在如下关系：①云南汉族和彝族（±3岁）好于维吾尔族；②其它民族之间基本是一致的。

综上所述，由牙磨耗度推断年龄的准确性各民族之间关系如下：

（1）壮族与其它民族的关系：仅与维吾尔族存在差别，而与其它民族无差异。与维吾尔族之间的差异表现在上颌牙及切牙和尖牙和下颌牙（±3—5岁），表明用这些牙推断年龄好于维吾尔族。

（2）蒙古族与其它民族之间的关系：下颌牙（±3岁、±3—5岁）和切牙（±3岁）与云南汉族之间差异显著；切牙、尖牙、双尖牙（±5—7岁）与维吾尔族差异显著，说明用上述牙推断年龄，云南汉族好于蒙古族，蒙古族好于维吾尔族。蒙古族与其它民族之间基本相同。

（3）回族与其它民族之间的关系：切牙（±3岁）与彝族和云南汉族差异显著，说明用切牙推断年龄，彝族和云南汉族好于回族，回族与其它民族基本一致。

（4）藏族与其它民族之间的关系：上、下颌牙、尖牙（±3岁）及切牙、双尖牙（±5—7岁）与维吾尔族之间差异明显，说明用这些牙推断年龄，藏族好于维吾尔族，藏族与其它民族基本一致。

（5）维吾尔族与其它民族之间的关系：与回族无明显差异；与其它民族在不同误差水平上均有程度不同的差异，说明各民族（除回族外）推断年龄好于维吾尔族，尤以云南汉族明显。

（6）彝族与其它民族之间的关系：下颌牙、双尖牙（±3岁）、切牙、尖牙（±3岁、±5—7岁）与维吾尔族之间差异明显；切牙（±3岁）与回族差异显著，说明用上述牙推断年龄彝族好于维吾尔族和回族，彝族与其它民族之间基本一致。

（7）云南汉族与其它民族之间的关系：与维吾尔族差异显著；下颌牙（±3岁、±3—5岁）、切牙（±3岁）与蒙古族差异显著；切牙（±3岁）与回族差异显著，说明用上述牙推断年龄均好于维吾尔族、蒙古族和回族。云南汉族与壮、藏和彝族之间虽无明显差异，也略好于上述民族。

由上述可知，用牙磨耗度法推断年龄的民族间差异：主要是在1—2个或3个误差水

平上；随着误差的增大（如±10 岁）各民族之间有接近的趋势；因牙群的不同其差异的情况也可不同。上述民族间的差异中维吾尔族与其它六个民族间的差异明显，尤其是与云南汉族；各民族推断年龄准确性的顺序，首先是云南汉族，其次是壮、蒙、回、藏和彝族，再次是维吾尔族。

由牙磨耗度法推断年龄民族间的差异是不同的。在某些民族之间有差异，而在其它民族之间无差异，其原因是多方面的，如风俗习惯、生活习惯、经济状况和工作性质等。其中风俗习惯和生活习惯是重要的原因之一。维吾尔族位于我国新疆，因有嗑瓜子、吃羊肉串的习惯，牙的磨耗较重，其推断年龄的准确性不如其它民族。回族也有嗑瓜子的习惯，由于长时间的磨损，牙的磨耗较重，尤其切牙突出，其推断年龄的准确性较差。蒙古族以牧业为主，有吃牛、羊肉的习惯，牙的磨耗较重，其推断年龄的准确性较云南汉族为差，可能与此有关。壮族、藏族、彝族和云南汉族之间无明显差异，可能与饮食等无特殊生活习惯有关。

将云南汉族与东北汉族的结果进行比较，可见南方与北方汉族之间推定年龄的准确性是一致的（$P>0.05$）。

（宋宏伟）

参考文献

1. 宋宏伟，贾静涛。蒙古族牙的磨耗度推定年龄的研究。第四次全国法医学术交流会论文集。下卷。中国法医学会。1991：299。
2. 宋宏伟，贾静涛。回族牙的磨耗度推定年龄的研究。Ibid. 1991：301。
3. 宋宏伟，贾静涛。藏族牙的磨耗度推断年龄的研究。Ibid. 1991：302
4. 宋宏伟，贾静涛。壮族牙的磨耗度推断年龄的研究。Ibid，1991：302。
5. 宋宏伟，贾静涛。维吾尔族牙的磨耗度推断年龄的研究。Ibid. 1991：303。
6. 宋宏伟，贾静涛。彝族牙的磨耗度推断年龄的研究。Ibid. 1991：304。
7. 宋宏伟，贾静涛。云南汉族牙的磨耗度推断年龄的研究。Ibid. 1991：304。

第八章 牙、咬痕、唇纹及颜面形的个人识别

第一节 牙的个人识别

用人的牙对无名尸或身源不明的骸骨进行个人识别是一种有效的方法，特别是在集

体的灾祸事件中，更具有特殊的意义。法医牙科学的个人识别主要根据牙的生理特征、病理变化和对牙的各种修补情况，将其与死者的有关牙科资料，包括牙科病历、X 线片、镶牙材料或假牙等进行对比，来达到同一认定的目的。

一、颌部的检查与处理

对每具尸体一般都要进行颌部的检查。对严重烧伤的尸体，取下颌部是必要的。上颌的解离可在下鼻棘水平上方（在硬软腭结合部的后方）横行锯下；下颌的解离，可在下颌做马蹄形切开，切口的两端距下颌角 2—3 厘米（图 2－8－1），锯断下颌骨两支，切断软组织，取下颌骨。然后用牙刷将牙洗净，以备进一步检查之用。

二、牙的个人识别依据

1. 根据牙的修补情况　这是牙个人识别的可靠方法，也是被广泛应用的方法。牙的修补包括牙的充填（牙根和牙冠充填）、牙桥等。将观察到的情况登记后，与有关的牙科病历对比，进而判定牙的修补与病历记载是否同一。

图 2－8－1　下颌与蹄形切开

(1) 如完全相符，即可做同一认定，但修补至少应有 12 处。也有人主张，尽管修补处少，但考虑到某种充填剂的少见性和充填的形状等，只要记录充分，也是极有价值的。

(2) 如病历记录中有可资利用的充填图形，并注有准确的位置，对比的结果完全一致，可以认定同一。例如拍下单个充填的 X 线片，即可作为认定同一的充分证据。

(3) 若已记录的单个充填出现于正确的被检牙位上，且其余各牙全无龋齿，则其他牙的完整性也可作为一项证据提出来。

(4) 若被检牙的修复与病历不符，应做如下分析：如发现病历未有充填的记录，首先要考虑是否由两个以上的牙医治疗，其次考虑是否牙医忘记了登记，这时要注意充填剂的形状是否相同，查找 X 线片来证实是否曾有修补。如发现牙科病历上有记载，而观察的牙却无类似充填，应考虑充填物是否脱落，应进一步检查，是否有充填过的痕迹。

2. 义齿的情况　部分义齿或假牙因其代替已拔掉牙，并形成一种在同一灾祸中难以遇见两次的牙型，因而具有同一认定的价值。完全义齿也是个人识别的检查对象，但在同一灾祸中发现几个受难者都有类似的合成树脂牙而缺乏牙托或腭部浮雕区的特定形状，其识别是很困难的。有关完全义齿的认定，单纯法医识别是十分困难的，应当向牙

医询问有关的情况。如腭部浮雕区的形状；合成树脂的颜色，有无点斑存在；实验室的标记、号数与姓名；牙托的形状、类型与深度；义齿前面唇侧凸缘的完整性或牙龈的适合度；牙的材料、模型与大小；磨牙后垫的范围或其它性质；修补的细节等。其中假牙上的号数及姓名是非常重要的指标。综合上述的特点，可做出同一性认定或排除。

3. 口腔病变　根据口腔病变与牙科病历对比可做同一性认定。常见的异常情况有：

(1) 口腔中任何软、硬组织异常；

(2) 未萌出牙和错位牙或转位牙；

(3) 龋齿，拔牙后愈合牙窝、颌骨的手术、肿物等。

上述情况常以X光片形式供作对比检查，进行同一认定。

4. 根据推断年龄、种族、性别和职业等因素，可做同一性认定的参考。

如上述方法都不能认定，应用排除法进行个人识别，特别在旅客的登记清楚时，也是一种有效的方法。排除法主要应用排除性牙图（elimination charts），即在纸的左侧写下失踪乘客的名字，上方写出尸体号，按其行列画出方格，在认定的某尸体不属于某乘客时，就在其方格内画×字样，这样可缩小范围，达到同一性认定的目的。

根据牙的检查，国内外都有许多成功地进行个人识别的实例（见附录）。《刑事技术》(1980)记载有通过牙的鉴定认定希特勒尸体的实例饶有兴趣。第二次世界大战以后，关于希特勒的下落，一直没有得到证实。美英等国有人认为希特勒已死，尸体落到苏联人手里。苏联方面，尽管在攻克柏林之后，于1945年5月8日对在纳粹元首掩蔽部发现的一具怀疑是希特勒的烧焦尸体进行了解剖，几乎认定是希特勒，但在对外宣传上一直坚持无法证实希特勒死亡的说法。结果，各种离奇的传说、推测广为流传，长期以来希特勒下落成了一个不解之谜。

1976年，挪威的法医牙科学家索洛内斯终于通过牙的鉴定确认了希特勒的死亡。他用于研究的尸体材料，是前苏联迟至1968年才发表的那份1945年5月8日对烧焦尸体的解剖记录和牙的描述材料及照片。其生前材料是几经周折于1972年在美国国家档案馆中查到的材料。其中包括对希特勒的牙医进行审讯所获得的希特勒牙病治疗情况、病历和X线片；1944年希特勒遇刺时牙部受伤后拍摄的5张头部和下颌X线片。经过对其牙、假牙、牙桥、牙冠、填充物等进行逐个比对，不仅一般特征完全相符，而且还发现两个完全相同的个别特征。从而完全证实，1945年5月8日发现的那具烧焦尸体确是希特勒的遗骸。

（宋宏伟）

【附】牙的个人识别实例（李延吉，王建国　1982）

实例1

无名男尸，在东海海滩发现，被埋葬后19个月，为查明是否是失踪的石×，而发掘检验。尸体高度腐败，上肢及小腿皮肉无存，胸、腹、背部软组织尸蜡化。检查牙发现：

1. 上颌右第7、8牙脱落，牙槽孔吸收萎缩。左第1及5牙脱落，牙槽孔呈开放状；左第7牙明显向颊侧突出错位，第8牙牙冠部为龋齿，缺损面上有银粉填补。

2. 下颌左第1牙短小，排列较其两邻牙为前，略向前倾；第6牙脱落，牙槽孔吸收萎缩；第7、8牙间空隙较大，第8牙向内侧倾斜错位。右第6牙为龋齿，外侧有类圆形缺面，边缘光滑；第8牙向颊侧倾斜错位，牙冠部有多量银粉充填。

收集到石×生前牙科病例比对，除病历记录左上第1、5牙为龋齿，与尸体上该两牙已脱落不符外，其它各牙的特征记载均一致。但尸检时，左上第1、5牙槽孔呈开放状，无吸收萎缩现象，表明系死后脱落。所以尸体牙与病历记载完全一致。又收集石×生前开口姿态照片，可见下牙列左第1牙短小倾斜，排列较两邻牙为前，与尸体上该牙的特征相同。比对结果，认定无名尸即石×。

实例2

沈××，男，54岁，发现时为无名尸，已高度腐败，面部及两手软组织大部分腐烂脱落。检查牙发现：

1. 缺牙7个，分别为右上第8牙，右下第6、7、8牙；左上第8牙，左下第7、8牙。

2. 银粉补牙3个，为左上第7牙，右上第4牙，右下第6牙。

3. 右上第6牙镶牙；第5、7牙用金冠固定桥修复。

根据死者的性别、年龄、死亡时间等排除嫌疑死者后，收集了沈××生前牙科病例。病历记载与上述尸体牙的检验所见相同。生前左下第6牙X光片与尸体左下第6牙X光片比对结果，两者银粉充填位置、形状、大小均一致。病历记载右上第4牙曾作干髓术，对尸体右上第4牙摄X光片，也显示髓腔内有充填物，与病历记载相符。此外，据病例记载，下左第7牙与下右6、7牙曾用活动托牙修复，后从沈家找到托牙，安放于尸体下颌缺牙处，完全吻合。因此认定无名尸即为沈××。

第二节　咬痕的个人识别

咬痕是由牙或牙齿与口腔其它部分相结合作用于人体或某种物体上留下的痕迹。咬痕主要见于人体、食物及其它的物体上，如木制用品、瓶盖、雪茄、烟嘴等。在法医学中，人体的咬痕是被十分关注的问题。无论是攻击者还是受害者，均可发生咬痕。由于咬痕有明显的个人特征，在个人的同一认定中具有特殊的价值。

一、咬痕的一般分类

根据引起咬痕作用的对象不同，可将咬痕分为三大类。

（一）人体咬痕

即在人体上形成的咬痕。通常是指由人而引起的咬痕。造成咬伤的情况在性犯罪中是多数，如强奸、性虐待狂、同性恋等。在其它的场合也是可以见到的。咬痕常发生的部位为乳房（乳头）、手臂、手指、头面部和胸部。其它的部位也可见，如耳、鼻、舌、颈部、眼部、腹部、女性的外阴部、臀部、下肢及阴囊等。在剧烈的攻击中，有时可见

到舌头、手指和耳朵被咬掉。在性犯罪案件中，女性是被攻击的对象，因此，咬痕（咬伤）常发生在女性的身体上。特别是在轮奸的案件中，咬痕的次数较多。据案例报道，一个 26 岁的妇女被 3 名男人轮奸，并被其中之一咬伤至少 9 处（Vasiliuetal，1958）。1—2 个咬痕是较常见的。被害者身上可发生咬伤，加害者身上也可发生咬伤。通常造成咬伤的加害者是一名，造成咬伤的牙主要是切牙和尖牙，有时可伴有双尖牙。

（二）动物咬痕

动物咬痕指动物在人体上造成的咬痕。动物的种类繁多，一般造成人体咬痕或咬伤的动物主要见于哺乳动物、爬虫类及鱼类。狗是最常见造成咬伤的动物。在人死后，动物可对尸体进行破坏，善于区别人死后的动物对尸体的破坏亦是十分重要的。鱼类主要见于鲨鱼，多发生于航空、航海事故的落水者或海水浴者。在淡水中，主要见于溺水者，要注意区别死后的损伤。

（三）食品及其他咬痕

食品的咬痕以水果较常见，如苹果、桃子、香蕉等，也可见于点心、馒头、纸币和纸张等。对水果的咬痕要特别注意，水果水分多，易丧失而发生皱缩和变色，在鉴定水果的咬痕时应持谨慎态度。如发现水果上有咬痕，应抓紧时间鉴定。用冰箱保存水果，仍不能防止其皱缩和变色。用酒精与福尔马林混合液或酒精、冰醋酸与福尔马林混合液可保持水果的体积不变。

二、人体咬痕的性质与特征

（一）人体咬痕的性质

人体皮肤的咬痕一般为擦伤、挫伤，亦常伴有挫裂伤。轻微的咬痕仅在皮肤上留下微弱的痕迹，很快就消失。稍重的咬痕，表皮保持完整，真皮及皮下组织中毛细血管破裂发生出血，亦可伴有表皮剥脱。更重的咬痕可发生挫裂创，使皮肤的完整性破坏，边缘多不整齐。发生在皮下组织较少的部位，如头皮、颊部、颏部、眉部和鼻部。人体的咬痕以对称的半弧形构成圆环形或椭圆形为特征，常伴有几个牙的咬痕（挫伤）。由此可与动物的“U”字形咬痕加以区别。在虐待狂或同性恋的咬痕中，数目多，咬痕轻，作用缓慢，其界限较轻。在强奸、打架或精神病患者造成的咬痕，常是较严重的损伤。咬痕的损伤多是在防卫与攻击中形成的，作用的部位、人体的姿势及外力的作用等，都能影响咬痕的形态，特别是在滑动、挣脱、扭动及重复时，对咬痕的形态影响较大，可给鉴定带来困难。

由于咬痕的轻重不同，在人体上持续的时间也不同。一般来说，牙的印迹在人体上

经20分钟就不能辨认，其皮下水肿在20—60分钟已达高峰，可持续5个小时左右，于24小时消失，但在咬痕及吸吮区可留下皮下出血的痕迹。有时，咬伤后埋葬一年的尸体仍可保留较清晰的咬痕，但在女性的乳房处咬痕，12小时后也可消失。面部咬痕比臂部咬痕消失快。在女性，面部和臂部的咬痕比男性消失慢，女性可持续9—12小时，而男性为3—6小时。女性的面部咬痕可持续存在6—48小时，男性的可存在2—5小时。

（二）人体咬痕的特征

1．人体咬痕的特异性　咬痕的特异性是由口腔及牙的特异性决定的。人类口腔及牙因其形态、大小、各种生理、病理的变化，以及牙的修复、脱落等，使得其重复性极小，这种特异性是法医学做个人同一认定的根据。

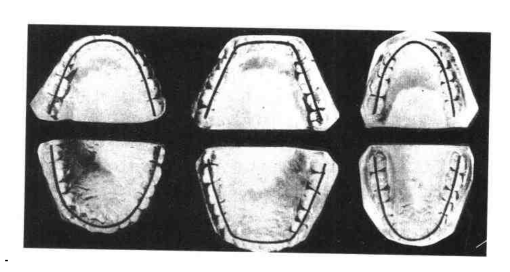
（1）牙弓的形态特异性：牙弓的宽度可分为宽、中、窄；长度可分为长、中、短；其形态可分为尖圆、方圆、椭圆。（图2－8－2）就整颌牙来考虑，又可按牙的间距分为稀、中、密等类型，故其特异性的组合为：

$3\times3\times3\times3=81$

（2）牙的特异性：仅从一个牙来看，其角度可分正中、内收、外展和“—”四种；位置有正中、偏内和偏外三种；牙切缘的长可分为长、中和短三种，每个牙的特异性组合为：

$$4\times3\times3=36$$

如从6个牙分析咬痕的特征，其特异性的出现机遇为$1/36^6$，再加上牙弓的特异性，其重复机遇为$1/36^6\times1/81=5.67\times10^{-12}$。



尖圆形　　方圆形　　椭圆形

图2－8－2　牙弓的形态

另外，牙的缺失、镶复、换位及各种病理因素等特征，使得牙的咬痕具有良好的个人特异性。

2. 人体咬痕的特征 人体咬痕的特异性决定人体咬痕的特征。对于牙反映在皮肤咬痕上的特征应做如下分析：

(1) 牙弓的情况：如牙弓的大小、形态及牙的排列疏密等。

(2) 牙的情况：牙冠的高低、切缘、牙尖、殆缘的大小及形态；牙冠的角度、牙间的距离、角度；牙磨耗的程度、形态及位置等。

(3) 某些特殊的情况：如先天性牙的特征（多牙、缺牙及形态变化、位置变化）；另外牙的修复、口腔手术等都可形成咬痕特征。

三、咬痕的鉴定

(一) 咬痕的检验、采取及牙模型

1. 检验 咬痕的检验是一项极细致的工作。检查皮肤上的咬痕，最好保持其原始位置，以免因改变位置而使咬痕变形。一旦发现有咬痕的案件，应抓紧时间进行检查，以免因耽误时间而失去对咬痕检查的机会。提取咬痕表面的唾液斑是十分重要的，用拭子刷取即可。如咬痕是隔衣咬伤所形成，应用紫外光检查衣服上是否有唾液的浅淡荧光成其它肉眼不能见到的痕迹。对咬痕要进行拍照，以便保存。在拍照时，可放置比例尺，使之放大为实体大小。对于曲面皮肤上的咬痕拍照，应保持其主面与胶片的平行，与镜头垂直、连续拍照。

2. 采取 咬痕印象的采取通常用石膏液，将其注人遗有咬痕的皮肤上，制成石膏模型，然后用橡皮泥塑造成立体模型。Rao 和 Souviron (1984) 提出用少量的标准指印墨粉置在驼绒毛刷上，轻轻刷在咬痕部位。在刷前，刷中和刷后均应拍照，然后用透明指纹胶带取下牙印，贴在光滑的卡片上。如在咬痕部位有较多的毛，应在采取前剃去。

3. 模型的采取 对被疑人要采取牙模型，以便与咬痕的同一认定。常用甲藻酸盐 (alginate) 或橡胶或以硅为主的印象材料制取。上、下颌各取两份，供直接证据和对比鉴定之用。

咬痕登记 (bite registration) 用牙蜡或其它胶合剂，采取中心咬合，侧侧咬合等各种可能的咬痕模型。取两份作鉴定之用。

(二) 咬痕的鉴定

咬痕的鉴定首先要确定咬痕的形态、类型和特征，然后与被疑人的牙型对比，根据同一性的多少，最后做出鉴定。

1. 确定咬痕的类型

（1）确定咬痕的方位：首先要确定上、下颌咬痕的位置。上颌牙咬痕相对较下颌的大而长。上颌牙排列较松散，损伤也重。通过咬痕在人体上的部位与方向来判断也有一定的帮助。在面部、胸部、肩部等部位的咬痕，其上方或斜上方多为上颌，下方或斜下方多为下颌；上臂部位的咬痕，外侧多为上颌，内侧多为下颌。

（2）确定颌的类型与牙位：通过测量咬痕，确定形成咬痕的牙弓形态、牙弓的宽度与长度和牙的排列疏密程度等。

牙位的确定主要根据牙印的位置、大小与形态等。一般中切牙在牙弓的最突出部位，与口裂平行，尖牙近口裂处。上颌中切牙是最大的牙，其牙印呈“一”形；而下颌中切牙是最小的牙，其牙印亦呈“一”形，但较短。尖牙形成一个牙尖印；双尖牙是两个牙尖印，颊侧尖较大，舌侧尖较小；磨牙印呈方形。另外，根据各牙印的相互位置，如能先确定一个明显可靠的牙印，依此再确定其它牙印，也是一个很好的方法。

（3）确定咬痕特征：观察测量每个牙印的大小、位置、角度和形态；判定是否有重叠、滑动等。可先确定较明显的特征，由易到难，逐步确定。对于皮肤上滑动的牙印、要判定滑动的方向、起点、终点、大小、形态及角度，以便进一步确定其特征。对撕裂性皮肤上的牙印特征确定较难，必要时做模拟对照来确定。牙印特征的发现与确定，是同一认定的重要依据。因此，详细、认真观察与测量是十分重要的。

2. 对被疑人牙（模型）的检查

（1）确定牙弓的大小、形态以及牙的疏密类型是否与皮肤咬痕相同，如不同便可否定，如相同，还要进一步认定。

（2）观察和测量被疑人牙（模型）的大小、排裂位置、角度、倾斜方向以及切缘的长度等与皮肤咬痕的一致性。

（3）检查被疑人牙（模型）的咬合关系，特别是有特征牙的位置、修复等与皮肤咬痕一致。

3. 咬痕的同一认定　如皮肤上的咬痕清楚，肯定或否定都是可行的；如咬痕不清楚，同一性的认定也是很困难的。

（1）对比方法：可全面对比、局部对比和重点对比，视其具体情况而定。将被疑人的牙模型与咬痕进行全面对比，看其各牙的关系是否一致。局部对比，按确定的牙位关系，比较牙的形态、大小、角度及位置等特征是否一致。对某些特殊的牙印进行重点对比，如多牙、缺失、错位、修复等，比较其位置、方向的一致性。

（2）模拟方法：模拟皮肤咬痕形成的条件，用被疑人牙模作咬痕实验标本，以橡皮泥仿制立体模型，以检验模型上的特征能否在样本中反映出来，或者通过实验，客观地解释差异点。模拟实验的模型牙的部位、方向、角度、力的大小应与皮肤咬痕形成的条件一致。因此，在实验中，要全面、重点和反复实验。所谓全面实验，即全部牙的㸌面都应作出牙印样本，全面进行观察、对比。重点实验，即对可疑的牙、部位、角度与方

向进行局部、重点观察。反复实验，即模拟皮肤咬痕形成的条件，不断改变咬合方向、角度和力的大小，证实被疑人的牙能否形成被检的咬痕，出现的差异点能否客观地得到解释。

最后，依据对比和实验的结果，做出认定或否定的结论。如有 4—5 点符合即可作出同一认定。如指标特异，可信，有时再少也可认定（Berg 1954、Pedersen 1961）。也有学者主张，咬痕的排除比用于肯定同一更有意义。

（宋宏伟）

【附】咬痕鉴定实例

1. 付庆宝、赵平例

死者为 5 岁女孩。左面部有两列上下对应呈弧形的印压性皮下出血牙印。上列皮下出血互相融合，模糊不清。下列清晰可见 6 个大小不等、间距不一的印压性皮下出血牙印，判定是罪犯下牙列中切牙、侧切牙及尖牙所致。案发后第 3 日，用面团提取了嫌疑人的牙印样本，并进行了观察和测量，结果与被害人面部遗留的印压皮下出血牙印的排列关系、形态特征及间距等完全一致。

形态特征检验：①牙弓形态均属 4 牙方形；②牙的排列均属中等密度；③右侧尖牙和侧切牙均稍向近心端倾斜。

各牙间距测量：被害人面部印压性皮下出血牙印与嫌疑人牙印样本 11 个测量数据完全一致：

（1）左侧尖牙至侧切牙间距为 0.65cm；侧切牙至中切牙间距为 0.7cm；

（2）右侧尖牙至侧切牙间距为 0.6cm，侧切牙至中切牙间距为 0.55cm；

（3）左右尖牙间距为 2.7cm；左右侧切牙间距为 2cm；左右中切牙间距为 0.55cm；

（4）左侧切牙弦高 0.5cm，右侧切牙弦高 0.4cm；左中切牙弦高 0.75cm，右中切牙弦高 0.7cm。

测量起终点的确定：选定各皮下出血牙印的中心点为测量的起终点，两点连线长度为其间距。嫌疑人的牙印样本也属印压牙印，同样也以牙印的中心点为测量的起终点，对其连线进行测量。

弦高的测量：两侧尖牙远心端连线与左右中切牙、侧切牙作垂线，即可分别测出中切牙和侧切牙弦高。

牙印样本材料的选择：提取牙印样本用的材料应与面部组织的弹性、形态相似，曾试用过牙科打样膏、橡皮泥、苹果、马铃薯等，结果均不理想。后选用麦米面粉用水调和成与面部组织弹性、形态相似的面团，在其表面覆盖一层聚乙烯薄膜，避免面团的粘性使牙印变形，结果非常满意。

2. L. J. Pierce 等例

该例为美国法庭受理的第一起有关咬痕案例。1987 年 3 月 14 日清晨，在某处屋内发现一女尸，横卧在床上。剖检如下所见：腹部有 22.86cm 刺创，喉部切创两处，一处长为 10.16cm，深为 5cm；另一处长为 8.9cm，深为 5cm，颊部伤长为 10.16cm，深为 2.54cm。臂部有一牙齿咬痕，由五个牙咬痕构成。经调查，有三个嫌疑人，其中两人因咬痕与牙不符被排除。另一个人为重点嫌疑，在死者家中发现该嫌疑人的书信，平时与死者关系密切，并在死者被害当晚去过死者的家。

用蜡和石膏制作嫌疑犯的石膏模型（图 2—8—3），直接与咬痕进行比较。嫌疑犯的上颌牙有丢失，仅有 5 个前牙，与咬痕的特征一致。因此，被判为案的凶手。但也有不同的意见。嫌疑犯本人否认犯罪杀人，直到出狱。因此，一直是个悬案。

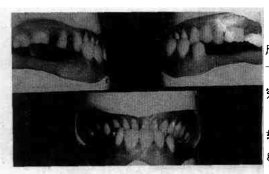


图 2—8—3　嫌疑人牙石膏模型

3. David. T. J 例

死者为黑人、女性、21 岁。死后 24 小时被发现。在尸体胸部有一咬痕（图 2—8—4），卵圆形，伴有擦伤。取下咬痕处的软组织浸泡在福尔吗啉液体中，待进一步研究。

取嫌疑人牙的模型（图 2—8—5、6）与咬痕进行比较。其牙模型的下半部分（图 2—8—6）与咬痕（图 2—8—7）一致，上半部分有些问题。由于在咬痕中的前牙没有全部显现，给判定带来困难。但一致的部分是非常重要的。其中嫌疑人上颌牙模型与咬痕非常一致（图 2—8—8、9）。进一步对咬痕和牙模型做扫描电镜检查表明，咬痕的上部分是由嫌疑人上颌右侧侧切牙、中切牙和左侧侧切牙形成（图 2—8—5　中的 7、8、9）。这三个牙的特征与牙痕特征一致。上颌右侧侧切牙在切缘的中央凹陷，将正常咬痕分为两半。可比较部分在咬痕的中央部分有双重凹陷。上颌右侧侧切牙显示二个明显的碎片部分（图 2—8—10），有岛状的完整牙的结构。在切缘的远中处向面部偏转 45 度尖而垂直的片段（图 2—8—11）。切缘的中心是横行的碎片，近中部分有一个小的牙片段（图 2—8—12），其咬痕也显示出向组织内偏转 45 度，中央孔洞，近中咬痕与牙结构一致（图 2—8—13）。咬痕显示出 4 个明显的凹陷，其中间两个稍向上凸，两侧偏向内。这些均是一致的。

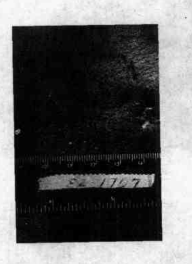


图 2—8—4　死者胸部咬痕

图 2—8—5　嫌疑人上颌牙石膏模型

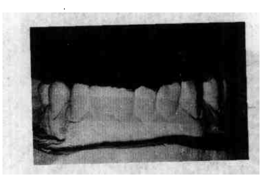


图 2—8—6　嫌疑人下颌牙石膏模型

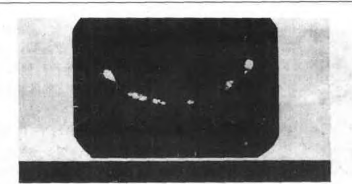


图 2—8—7　嫌疑人下颌牙石膏印痕

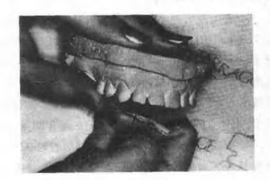


图 2—8—8　上颌牙模型与咬痕比较

图 2—8—9　下颌牙模型与咬痕比较

图 2—8—10　上颌右侧侧切牙扫描电镜图（上）与咬痕（下）比较

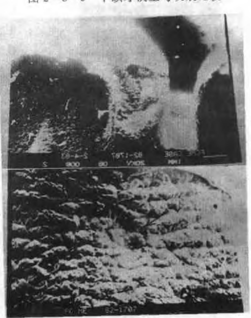


图 2—8—11　上颌右侧中切牙远中缘扫描电镜图（上）与咬痕（下）一致性的比较

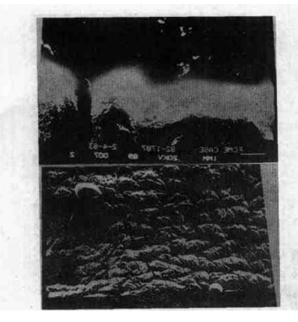


图 2—8—12　上颌右侧中切牙的中心和近中缘扫描电镜图（上）与咬痕（下）一致性的比较

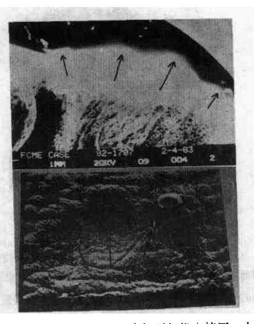


图 2—8—13　上颌左侧中切牙扫描电镜图（上）与咬痕（下）一致性的比较

图 2—8—14　左侧乳房咬痕

4. M. N. Sobel 等例

死者 85 岁，女性，右侧乳房有 8cm 宽而深的切创，尾端伴有浅的切痕。左侧乳头有两处连续咬痕、乳头撕开，咬痕上缘有较深的 6 个印痕，具有切牙、尖牙和重迭的咬痕；下缘不清（图 2—8—14）。咬痕的牙弓凸向死者头，只有站在死者前面由上颌牙形成，或者偏向死者的头侧由下颌牙形成。另外，咽和食管有横行刺创。

检查死者的牙式：牙的大小、数量（图 2—8—15），进一步用蜡做成下颌前牙的印痕与咬痕比较，两者非常一致。再将死者自己的头倾向乳房，形成咬痕是可能的（图 2—8—16）。尸检未见有攻击性损伤，阴道中未查到精子、酸性磷酸酶。本例提示，在咬痕的案例中应注意受伤者自己咬伤的可能性。

图 2—8—15　死者下颌前牙

图 2—8—16　死者自己形成咬痕模式

5. West. M. H 等例

(1) 例 1：受害者为 90 岁黑人妇女。一天晚上，有人破门而人，对她进行毒打后而遭到强奸。受害者辨认出凶手是她的一位邻居，但说不出姓名。后经调查，将嫌疑人逮捕。嫌疑人为 24 岁、黑人，有强奸幼女的犯罪史。因受害者人院后昏迷，无法辨认凶手。医生检查时发现受害者身上有咬痕。请牙医取嫌疑人的牙模型与咬痕进行比较。同时用 35mm 黑白胶卷拍片进行对比比较。手及面部的咬痕明显与人的咬痕一致。另外，右侧乳房上的咬痕显示不同的情况。乳房下垂有韧性是典型的 90 岁高龄老妇的乳房。用牙模型与其比较（图 2—8—17），其咬痕不像手和面部那样明显，并有擦伤。为进一步比较，把牙模型置于乳房咬痕处，慢慢下压，从开始向下移动到终点，并拍一系列照片，以表明其之间的关系。比较的结果也很难证明之间的同一性。三天后，受害者死于呼吸衰竭。死后用牙模与乳房的咬痕比较，由于尸体的僵硬和冷冻，很难与原来一样。此例不仅提供了可以比较的一些静止的咬痕照片，而且也提供了咬痕的动态照片。这样使得比较更有说服力。

图 2—8—17　嫌疑人牙模型与右侧乳房咬痕比较

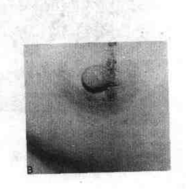


图 2—8—18　右侧乳房咬痕

图 2—8—19　不同角度拍照咬痕示意图

(2) 例 2：受害者为 33 岁白人妇女，被一黑人强奸。检查发现左肩和右乳房有咬痕（图 2—8—18）。取嫌疑人牙模型与咬痕比较。右肩处的典型咬痕，深为 3—4mm。用牙模型比较，置于咬痕上方，慢慢下压，拍照静止照片和录像带记录，可表明切缘的形态、牙咬合的高度及旋转方向。左侧乳房有明显的下颌牙咬痕。

图 2—8—20　牙模型与右侧乳房咬痕连续比较

受害者在横卧时被咬伤，用牙模型比较时也用相同的姿势进行。静止的像片只能部分表明牙模型与乳房咬痕的突出部分和弯曲部分之间的关系。当从 90 度角对乳房的尖部时，咬伤成直线；当从侧面拍照时，只能拍下咬痕的一部分，使得静止的照片不能完全反映整个咬痕（图 2—8—19）。用录像带拍照能够表明其立体咬痕过程。在尖牙和双尖牙接触乳房前，中切牙首先接触乳房（图 2—8—20）。

第三节　唇　纹

1966 年，Martins Samtos 首先提出了唇纹的分类法及其在个人识别上的应用。其后铃木和男与金子丑元助（1968—1975）进一步研究，提出目前通用的分类法，并提出唇纹具有个体的特异性与稳定性，就 1 364 名日本人唇纹研究，没有发现唇纹相同的个体。指出一卵双生子的唇纹要比二卵双生子的更为相似，但并不完全相同。Кисин МВ (1983) 就苏联 160 人及 1 225 具尸体的唇纹研究，也证明唇纹具有个体特异性，其偶合

机率为 0. 55×10⁻¹¹。国内，曹富忠与张绍汉（1984），贾明春、陈世贤、张继宗（1990）也相继就中国人的唇纹进行了研究。

一、口唇的结构及唇纹的形成

（一）口唇的结构

口唇是围绕口裂的两个富于运动性的皱襞。上界鼻底，下界颏唇沟；两侧以鼻唇沟为界，中部横行的口裂将唇分为上唇和下唇两部。口裂两侧为口角。上下唇的游离缘系皮肤与粘膜的移行区，称为红唇。红唇表面覆以干燥、半透明的、几乎没有腺体的粘膜。上唇的全部红唇缘呈弓背状称唇弓。唇弓在正中线稍低并微向前突称为人中点。在其两侧的唇弓的最高点称为唇峰。上唇正中红唇呈珠状向前下方突出称为唇珠。唇的构造由外向内分为 5 层：外膜、浅筋膜、肌层、粘膜下层和口腔粘膜。

（二）唇纹的形成

唇纹（lipprint）或称红唇纹（figura linearum labiorum rubrorum）是集中分布在红唇上的纹线。口唇是人体中活动幅度较大的一个器官，其组织结构极为疏松。在正常口唇闭合状态下，红唇表面就显示出皱纹。随着时间的推移，围绕在口裂周围的口轮匝肌和其它肌肉，由于表达各种情感和执行其他功能面强力收缩，使得大体上呈放射状的上、下唇皱纹变深变长，形成明显的纹线，即为唇纹。

二、唇纹样本的采集

（一）材料准备

显现、提取唇纹的用具材料较简单，大致有以下几种：

1. 捺印板（5×15cm），铜版纸。
2. 粉末显现工具及材料。
3. 硝酸银水溶液、茚三酮水溶液、药棉、镊子等。

（二）显现提取方法

1. 物理显现法　主要通过粉刷、喷镀、熏染等方法将粉末强行附着在有粘液的唇印纹线上，增大其反差，使之易于观察到。

操作时，被捺印者应微缩口轮匝肌，稍呈噘嘴状，操作人取洁净的玻璃（或铜版纸），轻轻均匀贴于嘴的一侧口角，向另一侧口角做滚动接触。无色的唾液唇纹即遗留在捺印板（纸）上。然后根据遗留条件，有选择地进行粉刷、熏染、真空镀膜等显现技术

处理。显出唇纹后，用透明胶纸复印及照相等方法提取、固定。

2. 化学显现法　选用一定的化学试剂，促其与唾液中的成分起化学反应，生成可见物质，达到显现效果，以便进行观察分析。通过试验，以5%的硝酸银水溶液或5%茚三酮水溶液，对捺印5天的纸张上的唇纹进行显色试验，均可得到满意的效果。

三、唇纹的分类及其分布

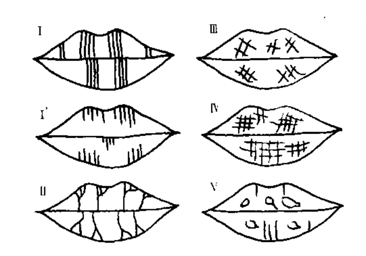


图2—8—21　唇纹分型模式图

（一）唇纹的分类

按铃木（Suzuki）分类法，将唇纹分为五型六类：（图2—8—21）

1. Ⅰ型　唇纹呈直线型，贯通口唇全部。
2. Ⅰ′型　唇纹呈直线型，不贯通口唇全部，在口唇的中部消失。
3. Ⅱ型　唇纹在唇中部分叉。
4. Ⅲ型　唇纹交叉。
5. Ⅳ型　唇纹呈网状。
6. Ⅴ型　不属于上述各型的其他类型。

（二）唇纹的频率分布

据贾明春等调查103名中国人的各型唇纹频率分布如表2—8—1。中国汉族各型唇纹的频率，男性以Ⅱ型为最高，女性以Ⅰ型为最高。

唇纹的分布有明显的性别差异，经统计分析，性别差异最明显的是Ⅰ型和Ⅳ型，其次是Ⅱ型；最不明显的是Ⅰ型和Ⅴ型。上唇的性差要比下唇明显。

上下唇唇纹的差异，在男性差异极为显著的是Ⅰ型和Ⅳ型，差异显著的是Ⅴ型；女

性差异极为显著的是Ⅰ'、Ⅱ和Ⅳ型，差异显著的是Ⅲ和Ⅴ型。总之，男性上下唇的唇纹类型比较接近；女性则差异较大。

表 2—8—1　　中国人各型唇纹的分布

性别	唇别	型别（%）						合计
		Ⅰ	Ⅰ'	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	
男	上	0.12	0.04	0.28	0.39	0.11	0.09	57
	下	0.14	0.05	0.14	0.39	0.24	0.04	57
女	上	0.33	0.02	0.35	0.26	0.02	0.02	46
	下	0.39	0.15	0.07	0.20	0.15	0.04	46
男女	上	0.20	0.03	0.31	0.33	0.07	0.06	103
	下	0.25	0.10	0.11	0.30	0.20	0.04	103

（贾明春等，1990）

四、唇纹的个人识别

（一）唇纹式

一侧唇的唇纹并不限于一种类型，因此个人的唇纹类型也可以采用牙式的方法来表达。如：

	右侧	正中线	左侧	
	Ⅲ　Ⅱ　　Ⅰ　Ⅲ	|	Ⅱ Ⅰ　　Ⅰ Ⅲ	上唇
	Ⅱ Ⅰ'　Ⅰ Ⅰ Ⅰ'　Ⅲ	|	Ⅱ Ⅰ'　Ⅰ Ⅱ Ⅰ'　Ⅲ	下唇

铃木等曾用 3 年的时间追踪个体的唇纹类型，没有发现明显变化；Кисин 也曾进行为时 1—5 年的观察，证明唇纹的基本类型是不会改变的。

基于唇纹特征的稳定性，铃木等（1970）曾报告一案例。东京警视厅接到一封炸弹威吓信，在信封上发现两个唇纹，其后找到两个嫌疑人，但查其唇纹均与信封上的不一致而获释。

（二）唇纹的细节特征

唇纹也可像指纹一样比较其细节特征。曹富忠等提出常见的细节特征有 6 种：起点、终点、分歧点、结合点、小勾和小点等。

据 100 例唇纹的观察，未发现相同的唇纹，证明唇纹确有个人特殊性。为了确定其稳定性，曹富忠等选 15 人追踪观察，持续 60 天。前 15 天每天捺印一次，后 45 天每 5—10 天捺印一次，结果发现唇纹的基本类型稳定性较强，其细节特征易发生变化。据统计，

10天内不变者占93%，15天内基本不变者占67%，1个月内基本不变者占13%；30天以上没有不发生改变的。认为唇纹发生变化与以下几点有关：

1. 作用力大小的影响　捺印力大时，由于口唇皮下组织疏松，纹线被压平变宽，甚至两条变为1条，致使唇纹变模糊；作用力小时则纹线细，有的特征甚至不出现。

2. 作用力方向的影响，口唇接触客体时如果上下移动，则可使纹线变长，特征上下移位；左右移动时，则纹线变宽，痕迹模糊，分岐、结合点可能变多。

3. 口唇干湿度的影响　由于红唇主要靠唾液润滑其表面，故干湿无常。在其干燥时，粘膜绷紧，纹线变粗变少，甚至改变其本来面貌；过湿时，则纹线表现模糊。

4. 口轮匝肌紧张程度的影响　捺印时，若口轮匝肌绷紧，则纹线被拉平，变粗，有时只出现口唇轮廓面无纹线，与口唇干燥时相似。当该肌强力收缩时，纹线更加突出，特征反应清晰。

盲测检验：请多人用材料纸擦拭口唇，经用静电粉刷显现，结果在3张纸上显出了7枚残缺唇纹。5天后，捺印8名“嫌疑人”唇纹样本，通过比对鉴别，准确地认定了纸张上唇纹的遗留人。

（贾静涛）

第四节　牙形、牙弓形与颜面形的相关

牙的形状，尤其是中切牙的形状以及牙弓的形状与人的颜面形状相关是牙科学界周知的事实。这一事实在法医学领域也有重要的意义。例如尸体显著腐败呈巨人颜貌，难以测知死者的生前面形，即可以其切牙及牙弓的形状推知其颜面形状，以有利于对死者身源的认定。我国已有应用这一方面的知识进行鉴定的实例。如张洪柱与何蔚云（1981）就曾以咬痕的牙弓形状成功地推知加害者的颜面形状，为侦破案件提供了一定的线索。

为了总结这一方面的经验，铃木和男在其著书中单设一章介绍了有关的知识，本书引用其中部分内容介绍如下。

一、颜面形状与中切牙形状的相关

颜面形状的最简单分类法是分为方形、圆形和尖形（三角形）。按照这一分类，即有可能由中切牙的牙冠形状推知其人的颜面形状。但据恩田（1962）研究，颜面形状还可细分为以下7种与牙冠对应的形状。

1. 方型（square-type）　颜面的左右侧缘平行，下颌角明显呈方形。作图时颜面高比值（以面宽为100与面高之比）在125以下。

2. 长方型（rectangular-type）　颜面高比值在126以上，其他条件与方型同。

3. 圆型 (round-type)　颜面的外形线自颧弓以下位于圆弧上。

4. 椭圆型 (oval-type)　颜面的左右侧缘平行，下颌角与方型及长方型的相比不呈方形，颜面高比值在 126 以上。

5. 卵圆型 (ovoid-type)　下颌角间距与颜面最大宽的百分比值在 88 以下，其颜面的外形线呈卵形。

6. 尖型 (tapering-type)　颜面外形呈倒三角型，其左右侧缘与卵圆型相比呈直线。

7. 方尖型 (square tapering-type)　颜面的左右侧缘平行，下颌角以下呈明显的三角形。

根据这一分类法，其频率男女均以卵圆型者居多数，其次在男子为长方型、椭圆型、尖型和方尖型，无圆型；在女子为椭圆型、长方型、圆型和方尖型，无尖型。中切牙的形状可分为 8 型，除颜面形状的 7 型外，尚有横椭圆型。颜面形状与中切牙形状的分型频率如表 2—8—2 所示。

就颜面形状所分的 7 型与中切牙形状所分的 8 型组合观察的结果，二者型别一致者，在男性为 29%，在女性为 50%。

早在恩田之前，已有 House M 对于颜面形状与中切牙形状的分类法。以颜面眼底线上方 2/3 所引水平线为 a，以颜面中心水平线为 b，以下颌弯曲部水平线为 c，则方形、方圆形为 a=b≧c，卵圆形为 a<b>c，尖形与尖圆形为 a>b>c，方尖形为 a=b>c。根据对于颜面形状的这一规定，中切牙各种形状的定义是：(图 2—8—22)

方形 (square)：牙冠的全长或其 2/3 近中与远中缘平行或接近平行，其唇面在近中与远中间为平面或凹面。

表 2—8—2　颜面与中切牙形状分型的频率 (%)

分型	颜面		中切牙	
	男 (n=79)	女 (n=86)	男 (n=79)	女 (n=86)
方型	5.1	4.7	3.8	9.3
长方型	24.1	8.1	2.5	1.2
圆型	0	1.2	0	4.7
椭圆型	11.4	20.9	7.6	5.8
卵圆型	43.0	64.0	57.0	67.4
尖型	8.9	0	19.0	4.7
方尖型	7.6	1.2	6.3	0
横椭圆型	—	—	3.8	7.0

(据原表修改)　(恩田，1962)

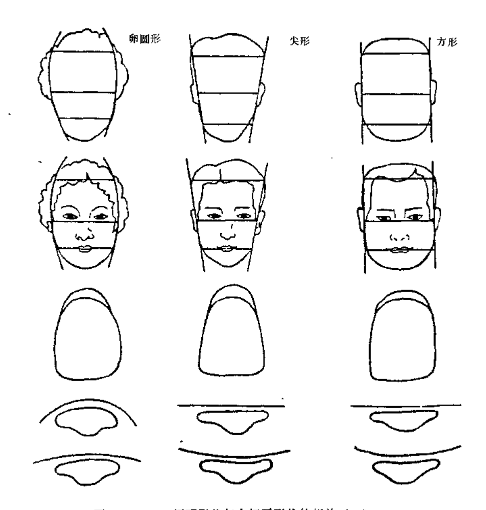


图 2—8—22　颜面形状与中切牙形状的相关（一）

（House M）

方尖形（square-tapering）：其近中与远中缘自切缘起的 2/3 相互平行，其余为尖形，其唇面在近中与远中间为平面或略呈凹面。

方圆形（square-ovoid）：其近中缘为方形，远中缘为卵圆形，其唇面在近中与远中间较圆。

尖形（tapering）：其近中与远中缘自切缘起向牙颈部变狭，其唇面在近中与远中间为平面或凹面。

尖圆形（tapering-ovoid）：其近中缘为尖形，远中缘为卵圆形，其唇面在近中与远中间较圆。

卵圆形（ovoid）：其近中与远中缘较圆或弯曲，其唇面在近中与远中间呈圆形。

方尖圆形（square-tapering-ovoid）：其近中缘为方尖形，远中缘略弯曲，其唇面在近中与远中间呈圆形。

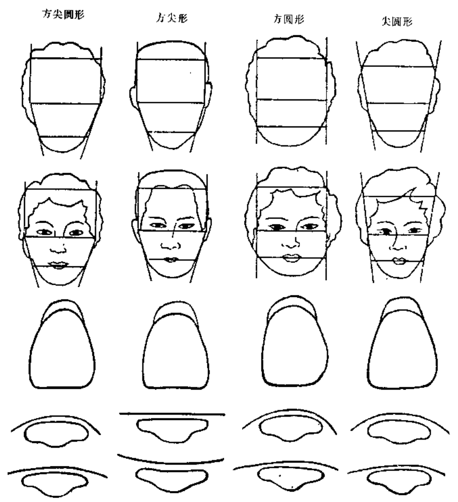


图 2—8—22　颜面形状与中切牙形状的相关（二）
(House M)

恩田（1962）依 House 的上述分类法对日本人的颜面与中切牙形状进行了分类，其频率如表 2—8—3 所示。结果与 House 一致，认为在一定程度上可用于依中切牙形状推定颜面形状。

表 2—8—3　　**颜面与中切牙形状分型的频率**（%）

分　型	颜　面		中　切　牙	
	男（n=79）	女（n=86）	男（n=79）	女（n=86）
方　型	32.9	25.6	20.3	31.4
方尖形	7.6	0	12.7	1.2
方圆形	15.2	17.4	19.0	12.8
尖　形	12.7	0	16.5	7.0
尖圆形	8.9	18.6	8.9	7.0
卵圆形	22.8	36.1	20.3	40.0
方尖圆形	0	2.3	2.5	1.2

（据原表修改）　　依 House M 法（恩田，1962）

二、中切牙、牙弓与颜面形状的相关

（一）牙弓与颜面形状的相关

恩田（1962）将牙弓的形状分为抛物线型、椭圆型和 V 字型等三个基本型，其频率如表 2—8—4。与前述颜面 7 种类型组合进行观察，发现男女均以颜面为卵圆形，牙弓为椭圆型者居多，尤其是女性约占 50%；其次，在男性为长方形颜面·椭圆型牙弓，卵圆形颜面·抛物线型牙弓；在女性为椭圆型颜面·椭圆型牙弓，卵圆形颜面·抛物线型牙弓，其频率均大体相近。其牙弓形状与颜面形状的类似性，男女均约为 30%。

表 2—8—4　各型牙弓的频率（%）

性别	抛物线型	椭圆型	V 字型
男（n=79）	30.4	59.5	10.1
女（n=86）	26.7	72.1	1.2

（据原表修改）　（恩田）

（二）中切牙与牙弓形状的相关

恩田进一步将中切牙形状的 8 型与牙弓形状的 3 型组合进行观察，发现男女均以卵圆形牙·椭圆型牙弓占多数，其次为卵圆形牙·抛物线型牙弓，尤其是女性其卵圆形牙·椭圆型牙弓约占 50%。中切牙形状与牙弓形状的类似性，在男性达 50%以上，在女性为 43%。达到了在法医牙科学上值得注意的程度。

（三）颜面、牙弓与中切牙形状的相关

1. 依颜面、牙弓与中切牙形状各分为3型进行组合比较　三者均为卵圆型者，男女双方均多，男子约为30%，女子为50%以上。其次，男女均为卵圆型颜面·尖型牙弓·卵圆型中切牙者较多，约为 20%。

2. 依颜面 7 型、牙弓 3 型与中切牙 8 型进行组合比较　以卵圆型颜面·椭圆型牙弓·卵圆型中切牙的组合为多，男性约为 20%，女性约为 30%。其次，在男性以卵圆型颜面·抛物线型牙弓·卵圆型中切牙的组合为多，约占 7%；在女性以椭圆型颜面·椭圆型牙弓·卵圆型中切牙的组合为多，约占 10%。

恩田就作图上的类似性，分析颜面、牙弓与中切牙形状的相互关系如表 2—8—5 所示。

表 2—8—5 颜面、牙弓与中切牙形状的类似性（%）

类似性	男 性（n=79）			女 性（n=86）		
	颜面与牙	颜面与牙弓	牙与牙弓	颜面与牙	颜面与牙弓	牙与牙弓
有	57.0	31.7	54.4	77.9	31.4	43.0
无	43.0	68.3	45.6	22.1	68.6	57.0

（据原表修改）

（贾静涛）

【附 录】 在处理航空失事中法医牙科学的经验

大国 勉博士在其著书《歯や骨からの個人識別》（1990）中，以“大规模灾害—日航机坠落事故的教训”为题，用较大的篇幅介绍了1985年在日本发生的日航飞机坠落事故及其处理过程，值得注意的是大国博士系统总结了法医牙科学鉴定的经验，可供参考，现将其主要部分介绍如下。

一、失事经过

1985年8月12日发生的日航飞机坠落事故乘务员与乘客共死亡520人，重伤4人，是世界航空史上最大的事故之一。该机是已飞行25 030小时，着陆18 835次的747SR-100型波音飞机，曾有着陆时机身后部与滑行路接触的历史，经波音公司技术人员修理后又继续使用。事故发生在横断伊豆半岛向大阪飞行的途中。午后6时24分35秒，在机身后部发生了紧急情况。“通”的一声，机体立即失去平衡，机内发生白色烟雾，机长向地面发出紧急信号，但机身已难操纵，陷入恐怖的盲目飞行之中。午后6时56分，雷达显示飞行高度2 956m，时速556km的状况下，失去联络。

坠落现场是在封闭的山林中，共有4个现场。第四现场最惨，燃烧中的机体与散乱的尸骸横陈，如同地狱景象。

翌日午前10时45分，发现了第一个生存者，接着又发现了3个。立即用担架运到山岭上，由直升飞机送到医院去急救。由于现场在险峻的山岳地带，遗体全靠直升飞机运送。自卫队在现场附近紧急建设了一座机场，以便收容遗体。遗体是在警察查证班查证后收容的，将其分别装入遗体收容袋内，并付以查证号数。有些遗体已经烧焦炭化。发现的遗体分别用毛毯包裹，以列队用手传递的方法，迅速送到临时机场上。再由直升飞机运送到一个小学校的校庭中进行尸体装棺。

二、遗体检视

（一）遗体检视的组织

遗体检视（在日本对尸体进行外表检验称为检视）是在市民体育馆内进行的。在馆内设置了2列22个检尸桌，铺上塑料布。桌旁备有桶、消毒药、线香、漂白布、绷带、废品袋、检视用具等。

搬入的遗体，由警察检视人员（日本的尸体检视通常由警察和开业医施行，开业医大都参加警察协力医会，受一定的法医学知识训练）区分为完整遗体和离断遗体。在确认现场査证班查证号数后，再分别贴上检视号数。以头部至少有一部分残存为完整遗体，以颈上无头部残部为离断遗体。对于离断遗体如疑为复数人的，待X线检查后再分离，称为分离遗体。已经检验完了的离断遗体，如其棺内尚有部分未确认的残骸，须再检验，并移入另一棺内，称为移棺遗体。

检视号数：对完整遗体按1—520（遗体总数）排号。对离断遗体排4位号数，以第一日检查的第一个离断遗体为“0001”，依次可排至数千。分离遗体按离断遗体号数再排分号，如0001—1，0001—2

等。移棺遗体按“移－1”、“移－2”排号。

牙齿记录：统一采用一种牙式记录方法（如Palmer法），逐个记录牙齿检查所见，并在牙图上标记。为了使记录格式统一事先规定40—50种牙科术语和检查用语。并以一例检查记录作为规范。这些都发给每人一份。注明：为了确认身源，请各位协助。在众多医师参加下的遗体检验，如无事前统一，其混乱的后果是可以想象的。

检视班：以坠落现场群马县的搜查第一课刑事调查官为班长，组织229名的检视班。包括总务组（35名）、指导、鉴定组（7名）和4个检视组（每组46人）。检视组再分为42个小组。每个小组由一名组长（警部，日本警官名）、检视官（警部补，日本警官名）和5—6名警察官组成。每个小组有2名医师（内外科各1）参加，有牙齿的遗体有牙科医师2名参加。并各配置护士2名。

（二）遗体检视的实施

检视开始，为了表示对死难者的尊敬，由检视官发令一起合掌向死者敬礼。

将毛毯包裹的遗体轻轻取出，放在检视用床单上。擦净。由检视官计测遗体，进行正面、侧面和背面摄影。由头部起顺次进行检验。看到那严重的损伤，头面部大部分缺失，下腹部离断，腹部脏器流出到床单上，无人不被这种惨状所冲击。即使如此，仍要尽可能地正确记录，颌骨与牙齿如有一点残留，一定作X线拍照。

检视遗体完了，尽可能缝合伤痕，擦净，用绷带包裹装棺。全体人员向遗体最后一礼结束检视。一具遗体的检视时间约一小时。

每个小组配置两名医师或牙科医师是一个正确的决断。一人对遗体直接检查，一人确认其检查结果并记录。是一种好的复核制度（Double check system）。

其他在检视中的问题：有关死因、死后经过时间的推定，血液的采取，离断部位的认定等问题，须听取法医师的意见。对于有妊娠可能的遗体，须听取产妇科医师的意见，有骨折手术痕迹的遗体，有关治疗的种类、方法、部位等问题须听取外科医师的意见。有隐形眼镜的遗体，须由眼科医检查其度数。对于离断、炭化遗体，其部位、体数难以判别者，可借助X线摄影认定。牙科的X线摄影在检视现场进行，全身的X线摄影在指定的医院进行。

三、确认身源资料的收集

（一）死难者生前资料的收集

（1）由航空公司得到乘客名簿，掌握乘务员与乘客的详细情况，警察对此十分关心；

（2）由来访的死者亲族了解死者情况；

（3）县警察厅通过乘务员、乘客所在地的警察部门，要求其设法得到死者的家中指纹、掌纹、毛发、生前的牙科病历、X线片等；

（4）由日本齿科医师会向全国都道府县齿科医师会发出电报，呼吁提供死难者生前有关的资料；

（5）通过外务省、各国大使馆、警察厅国际刑事课（各国ICPO），请求提供有关外国死难者的资料；

（6）通过报纸、广播、电视等报道，积极呼吁各方提供有关资料。

（二）由遗体收集有关确认身源资料

1. 个人认定所需资料

（1）采取指纹、掌纹、足纹；

（2）牙科检查记录、照片、X线片、牙模；

(3) 有特点的手术部位 X 线摄影；

(4) 有确实姓名的携带品，如身份证等的拍照与记录；

(5) 确实是本人的衣服，如乘务员制服与儿童下装上的姓名的摄影与记录；

(6) 其他在检视时的记录事项。

2. 为检查血型所需资料　心脏血、毛发、指甲、骨髓和牙髓等。遗体的血型检查应尽量取心脏血检验，但因腐败进行，常需取其他硬组织代替血液，大约 60%靠的是用毛发、指甲、骨、牙齿（牙髓）检验。如不能取硬组织，就只好取皮肤和内脏来检查（占 30%）。血型检查由县警察刑事科学研究所进行，由于件数太多，即使全力以赴也难满足要求。血型检查主要用解离试验检查 ABO 型。

（三）重要的生前牙科资料

由全国各地收集的确认身源资料，由警察资料组登记，由于牙科资料极其重要，单独设牙科资料室。对于牙科资料的整理与管理，警察官应当认真负责。这些重要的资料包括：牙科病历或其复制品，各种牙科 X 线片，牙的研究模型，学校的牙科健康检查表，露出牙齿的笑面照片，由牙科医师拍照的口腔内色彩照片，牙科的预诊单，牙科技工指示书，有牙科记录的母子记录本，其他由遗族得到的回忆记录等。（图 2—附—1，2）

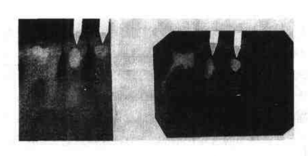


图 2—附—1　确认个人使用的资料实例

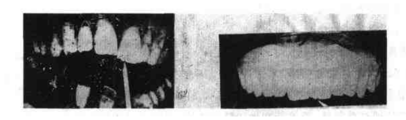


图 2—附—2　依研究牙模确认个人的实例

四、检案书

凡遗体完整，或有牙齿的遗体或就其胸腹部、两下肢、两上肢等致命的离断部位确认身源者，发出检案书。在最初阶段对已确认遗体发出检案书时，其未被确认的部位经再次检视确认时，发出检案证明书。与牙齿病历、X 线片等生前资料比对，根据遗体的牙型确认身源者，发出身源确认书。

尸体检案书与死亡诊断书在书写方式上是相同的，但对检案书记载的内容要特别慎重。一般认为这次事件场所相同、时间相同、理由相同，容易填写，实际则不然。例如姓名栏，仅在确认姓名的情况下才填写，否者空白，在栏外填遗体号数。性别栏只在检视时判定才填写，不确定则不填。特别是离断遗

体、炭化遗体，其过半数性别不明。年龄栏除特别情况外不记载，待身源确认后再记入。死亡年月日时分栏与警察当局协议一致填写事件发生当时的时间。死亡场所统一填事故现场所在地，开始时考虑遗族的感情，不用地址印章而用手写，但因昼夜奋战，队员疲劳至极，不得不改用印章。死因栏根据检案医师诊断填写。发病至死亡时间统一填急死或即时死。其他身体状况栏填写烧伤缺损部位、四肢及肋骨骨折等等。

死因：第一位的死因是全身挫灭，占 47.5%。其中尚含有全身挫碎、全身粉碎、全身破碎等记载。第二位的死因是头部外伤，占 36.2%。包括头部挫灭、头部粉碎、脑挫灭、脑挫伤、头骨骨折、头盖骨骨折、头盖骨粉碎骨折等。其他死因依次为全身打扑、内脏破裂、颈椎骨折……等。其他缺损栏内，在 518 例检案书中有填写以下各项：腹部以下下半身缺损、两下肢缺损、头部及四肢缺损等。如发现遗体部分很小，则填如："除左前臂外缺失"，其直接死因为："全身粉碎（推定）"。按照尸体检案书的本意，如发现遗体部分过少，似乎不宜发出，但在完整尸体不能发现时，就不得不这样记载。

五、小的残块与炭化遗体

（一）小的遗体残块

如手、足、内脏等无法认定的小的遗体残块很多，只得留在棺内。但是即使有少部分牙齿附着的颌骨，块虽小却有确认的可能，因此都附以检视号数，实际上有许多这样的颌骨块被确认，交给遗族带回。其确认大部分靠的是 X 线的检查所见。最后确认身源工作接近完成，仍有 20 几人无法确认，遗族心急如焚。但是仍有一线的希望，这就是带牙的骨碎片，这种可以放在手上的小骨片，集中起来装在 4 个棺内，棺上面放置牙遗体的偏光照片、X 线片、描述牙齿所见的记录及检视号数等，可作为遗族对照确认的资料。一天可有一到二人被确认。

（二）炭化遗体

在机舱前部的乘客受燃料燃烧的影响大都烧毁炭化，由于其指纹和软组织特征丧失，难以确认，但因牙齿不受影响，对于确认个人非常有用。将 X 线检查结果与其生前资料相比对，有许多例子得到确认。外表看来是一个肉块或炭化团块，X 线检查却发现是带牙齿的颌骨，这种例子也很多见。

六、司法解剖

由于灾害或事故所致的人身伤亡，在法律上适用"业务上过失"，为了究明事件真象，应对死难者中一些责任者施行司法解剖。司法解剖由医科大学法医学教授执行，对包括驾驶员、乘务员和乘客在内共 5 人进行了解剖。除一人仅有部分颌骨外其他四人遗体完整。主要所见是全身表皮剥脱，头部与颜面的裂伤，颅骨骨折，脑挫灭与脑逸出，肋骨与脊椎骨骨折，心、肺、肝破裂，上下肢骨折等。

七、与检视有关的数字资料

表 1　确认身源的生前资料收集情况

指纹	足纹	毛发	牙齿病历	X线片		照片
				牙	牙以外	
408 人	3 人	285 人	288 人	143 人	75 人	422 人
5 740 点	3 点		848 点	325 枚	480 枚	1 413 枚

（群马县警）

表 2　由遗体收集确认身源资料的情况

指　纹	足　纹	牙齿记录	X 线片		血　型
			牙	牙以外	
538 枚	80 枚	549 件	283 件	554 件	880 件
			662 枚	1 047 枚	

（群马县警）

表 3　群马县警察本部及科学搜查研究所鉴定情况

指纹	270 件
遗体血型鉴定	880 件
毛发等血型鉴定	50 件
指甲等的鉴定	4 件
衣服的布质鉴定	29 件

表 4　检视用器材准备情况

名　称	数　量	备　考	名　称	数　量	备　考
纱布	700 个		乳胶手套	1 500 双	
绷带	500 个		绵手套	1 500 双	
脱脂棉	500 个		军用手套	1 000 双	
漂白布	200 反	1 反＝0.36×10m	聚乙烯手套	600 双	
包装箱	300 箱		货签	1 000 枚	
消毒用乙醇	100 瓶		赛路珞标签	2 500 枚	
油笔	300 支		图板	30 个	检视用
采取指纹用具	30 个		床单 7×4m	150 件	
采取牙型用具	10 个		床单 5×2m	300 件	
采取牙型用剂	10 罐		塑料袋	800 个	
彩色用内光灯泡	500 个		彩色胶片	500 个	35mm
彩色印像纸	3 000 张	6 寸片	黑白胶片	100 个	35mm
黑白印像纸	1 000 张	6 寸片	毛毯	300 件	

（群马县警）

表 5　检视情况（经过整理，非原表）

检视时间	8月14日至11月4日共83日	
检视数目	2 605具，内：	
完整遗体	492具	23.8%
离断遗体	1 143具	55.4%
分离遗体	351具	17.0%
移植遗体	79具	3.8%
检视时（8月14—27日）室温最高40℃		
发出检案书（确认身源）		518件
完整遗体		444件
离断遗体		74件
发出检案证明书		170件
身源确认	8月14日	18人
	8月14日—18日	107人
	8月14日—23日	467人
	10天确认率	90%

表 6　医务人员动员情况

项　目	法　医	法牙医	医　师	牙医师	护　士
检视医师动员数	80	224	1 007	993	587
检视医师最高动员日	16/8，13人	18/8，17人	18/8，77人	16/8，77人	16/8，86人
日平均动员数	0.6	1.7	7.5	7.4	4.4

（群马县警）

表 7　确认身源理由（重新整理，非原表）

	面　貌	针对特征	着　衣	指　纹	牙　型	携带品	血型等	合　计
起决定作用件数	60	30	64	230	78	52	4	518
%	11.6	5.8	12.3	44.4	15.1	10.0	0.8	100.0
有一定作用件数	99	284	411	247	233	266	203	1 743

表 8　法医牙科学检视用具

牙科镜	开口器	镊　子	牙　刷	探　针	尺
外科剪	手术刀	扩大镜	口角钩	笔记用具	
口腔内摄影用镜	牙科用X线机				

（贾静涛）

参 考 文 献

1. Cameron JM, Sims BJ. Forensic Dentistry. Edinburgh: Livingstone 1973.
2. Harvey W. Dental identification and forensic odontology. London: kimpton 1976.
3. Rao VJ, Souviron RR. Dusting and lifting the bite print: A new technique. J Forens Sci. 1984; 19 (1): 326.
4. Nash DJ, etal. Individual identifieation and the law enforcement officer. Springfield: Thomas 1978: 40—41.
5. 曹富忠，张绍汉。唇纹痕迹检验初探。刑事技术。1984: 17—24。
6. 贾明春等。103 名中国汉族唇纹特征分析。中国法医学杂志。1990; 5 (2): 94—96
7. 李延吉、王建国。利用牙齿作人身同一认定。刑事技术。1982; 2: 16—18
8. 通过牙齿鉴定认定希特勒的尸体。刑事技术。1980; 2: 61—62
9. 付庆宝、赵平。根据面部牙印认定罪犯 1 例。刑事技术。1980; 2: 30
10. Pierce LJ. The case of ohio v. Robinson——An 1870 Bite Mark case. The Amer J. Forensic Med and Pathol. 1990; 11 (2): 171—177.
11. David TJ. Adjunctive use of scaning electron microscopy in bite mark analysis: A Three——dimensional study. J. Forens Sci. 1986; 31 (3): 1126—1134.
12. Slbel MN. Self—inflicted bite mark on the breast of a suicide victim, The Amer J. Forens Med and Pathol. 1985; 6 (4): 336—339.
13. West MH. The use of videotape to demonstrate the dynamics of bite marks. J. Forens Sci. 1989; 34 (1): 88—95.

第三篇　肤纹等遗传性状在法医人类学上的应用

PART 3 SKIN RIDGE AND OTHER GENETIC CHARAC-TERS THEIR APPLICATION IN FORENSIC ANTHROPO-LOGY

第一章　概　　述

第一节　肤纹及其他遗传性状的概念与应用

肤纹（dermatoglyphics）是真皮乳头层中真皮乳头突向表皮生发层，在手掌和足底表面表现为波浪状的凹凸皱襞。在表皮表面形成细而高的乳头隆线（乳头线）称为皮嵴（skin ridge）或乳头嵴（papillary ridge）。皮嵴与皮嵴间形成的沟叫皮沟（skin sulcus）或小犁沟。

肤纹包括手纹（hand print）和足纹（foot print）。手纹包括指纹（finger print，dactylogram）、指节纹（屈肌褶纹）和掌纹（palm print）。足纹包括趾纹（toe print）和跖纹（sole print）。

肤纹是由表皮上的乳头嵴构成的。有肤纹处的皮肤是高度特殊化的组织，其不同于身体其他部位皮肤之处首先是纹线的表现不同，其次是该处无毛囊，也无大汗腺和皮脂腺。乳头嵴上存在有规律的小汗腺开口，其分布超过 400 个/cm^2；而其他皮肤表面仅平

均约 130 个/cm²。

肤纹可使皮肤增厚，保护其免受损伤，故皮嵴又称为磨擦嵴 (friction ridge of skin)。肤纹无皮脂腺分泌也无毛发，而神经末梢的分布又相对较多，很大地提高了皮肤的知觉能力，故又称肤纹为感觉纹。

许多的研究结果表明，皮嵴的构型是受遗传因素影响的。这种构型主要指的是皮纹的总的纹流，至于微线 (minutiae) 的排列尚无根据证明其受遗传的影响。因为即使在遗传关系非常密切的一卵双生儿，也可依据微线的比较做出鉴别，而其纹型却可高度相似。

皮嵴是在胎生期间形成的，胎内疾病可以影响肤纹的形成，使皮嵴解体，皮嵴的纹流破坏，形成点状的而不是连续的皮嵴。

肤纹尤其指纹作为一种有高度鉴别能力的个人识别技术已为世人所熟知。它可用于采取案犯指纹，与指纹档案比对，确定其是否已有前科，或确认其真实身份。亦可采取现场指纹，与指纹档案比对，或与嫌疑人的指纹比对，确认其是否同一。有时须采取无名尸指纹，与指纹档案比对，或与其遗物上的指纹比对，确认其身源。

在法医人类学上，肤纹主要用于亲权鉴定。在亲权纠纷案件，研究母、子与可疑男人的肤纹，为解决其间有无亲子关系提供依据。在妇产科婴儿室取错婴儿事件中，确认肤纹卡与婴儿肤纹的同一性。

此外，由于肤纹具有遗传性，在医学遗传学上常用为某些疾病的诊断指标；在人类学上则用于研究种族乃至民族的特征与差异。

与肤纹相似，在法医人类学上另一个早为人们所重视的是容貌相似度 (appearance resemblance)，亦即亲子间容貌相似的程度，据此为鉴定亲子关系提供某些依据。

在法医人类学上，其他用于研究亲子关系的遗传性状尚有 PTC 味盲和耳垢型。前者是用苯硫脲 (phenyl thiocarbamide，PTC) 为试剂检测能否尝出苦味，不能尝出苦味者为味盲 (taste blindness)。能否尝出苦味有遗传性。后者是以耳垢的干湿为指标判定其型别，耳垢的干湿也有遗传性，因而常与 PTC 味盲一起用于亲权鉴定。

第二节　肤纹研究的历史

肤纹在我国的应用溯源最早，在二千二百年前的《封诊式·穴盗》中就记载有在现场勘验时检查“手迹”、“足迹”和“膝迹”。芝加哥菲尔特博物院珍藏一枚中国古代泥印，正面是主人的名字，反面是一拇指印痕。考古学家确认其属于周朝或前汉时期遗物，被认为是指印的最古老的凭证。

指掌纹在我国唐代 (公元 618—907) 就已得到广泛的应用。主要是在文书契约签押时按上指掌纹以为凭信，并注明“按指为信”或“画指为信”。“按指”即按印指纹，“画

指”是将手指平放纸上画下三个指节间的距离，相当于指节纹。有的遗言文书上尚印有指掌分明的朱红手（掌）印，多取右手。

印有指纹与指节纹的文书，在唐代又称为“画指券”，其应用相当普遍。但画指券并非始于唐代，永徽年间（公元650—655）太常博士贾公彦在为《周礼》注疏时提到：“汉时下手书即今画指券”。由于贾公彦提到画指券，使著名指纹学家Robert Hyindl认为中国是应用指纹的发源地，第一个提到用指纹鉴别个人的是贾公彦。

我国至迟从宋代开始，在审理案件或处理民事纠纷时，已开始应用指印或手印，手印又称手模。明代以后，画指节很少用，主要用指纹和手模。

在欧洲，最早提到肤纹的是Nehemiah Grew（1684），他注意到指纹和掌纹的类型。其后也有一些学者对肤纹的形态进行研究，但最先提到肤纹个人性的是J. C. A. Mayer（1788）：“尽管皮嵴的排列并无二人相同，但在某些人间的相似性是很明显的。”

1823年，J. Purkinje提出了第一个指纹纹型分类法，将指纹分为9种。最先将指纹用于个人识别的是W. Herschel（1858）和H. Faulds（1880）。但只有在Fracis Galton发表《指纹》（1892）一书后，才为指纹学奠定了科学的基础，揭示了指纹的三个重要特征：终身不变、可以分类、可用于个人识别，并在1895年起在英国开始应用。其后E. R. Henry设计了著名的Henry's分类系统，并于1897年在印度开始应用。

Galton（1892）是最早确定指纹纹型有遗传性的。Wider（1902，1904）及其后的许多学者也都证实这一点。在一卵双生儿之间观察到肤纹性状的高度一致性，而在二卵双生儿间的一致性则明显减少。这些观察曾应用于鉴定双生儿是一卵孪生还是二卵孪生，即卵性诊断。

大量的研究表明，亲子之间的肤纹性状相似程度远比随机人群为高。自Bonnevic（1921）以来，许多学者提出用肤纹性状分析作为鉴定亲子关系的一项补充手段。如Geipel（1924）、Gruneberg（1927）、Müller（1930）、Harraser（1935）、久保忠夫（1937—1939）、松倉豊治（1952—1956）、Slatis ef al（1976）等都在这方面做过有价值的工作。为了分析指纹性状，他们分别提出以指纹形态、指纹型、指纹纹线数以及指纹线流向等为指标，观察研究亲子间指纹遗传的规律，并提出各种遗传假说试图加以阐明。

遗传在决定肤纹性状方面的作用是肯定无疑的。目前，学者们已经取得广泛的一致，认为大多数肤纹性状的遗传符合于多基因方式。每个基因产生微小的累加的效应。现代细胞遗传学方法可以非常精确地鉴别各个染色体。这在研究各个染色体畸变与皮肤纹理性状之间的关系肯定有很大的价值。它还可能帮助确定影响肤纹性状的基因位点。

但是，迄今为止，由于指纹遗传的复杂性，一些已有的成就大都停留于假说阶段。不仅决定指纹遗传的基因位点还不清楚，就是决定遗传的基因型以及基因型的表达——表现型也未能像血型那样予以明确的认定。由此可以认为肤纹遗传及其在亲权鉴定中的应

用，仍然是迫切需要继续努力探求的一个重要领域。

（贾静涛）

第三节　肤纹的形成

皮嵴的分化开始于胚胎发育的早期，其结构是由遗传决定的，同时环境因素亦可影响和改变其结构。有人计算指纹的遗传度约为70%，即其结构的大部分是由遗传决定的，剩余部分是由胚胎时期的宫内环境、母体变化等因素决定的。皮嵴的形成开始于胎龄的第3个月，即胚胎顶臀长度约为70毫米时；完全形成在胚胎6个月。大量的研究表明：多数肤纹特征的形成与掌垫、真皮表面波纹及神经血管有关。

一、肤纹的形成与掌垫的关系

胎儿的掌（跖）垫是一种间叶组织的丘状隆起，分布于皮肤纹理的发生部位，即在每个指（趾）头上、每个指间区、掌和跖的鱼际区和脚底的足跟区。在其他区域，如手掌的中央部近端指节上，还可看到次生的胎儿掌垫。

掌垫首先出现于胚胎发育的第6周到第7周胚的指端。随着胚胎的不断发育，掌垫也变得显著。在胚胎第5个月开始逐渐缩小，第6个月则完全消失。在此期间皮肤纹线开始出现，并结合成特殊的花纹图形，从而代替了掌垫。肤纹的花纹构形，在很大程度上取决于掌垫的大小和位置，小的掌垫形成简单的花纹图形（弓型），而较大较厚的掌垫则往往形成大而复杂的花纹图形（箕形和斗型）。同样，手指末端掌垫的对称与否决定纹线的流向，掌垫的发育较均衡，则形成集中到花纹区中央的较对称的花纹图形（斗形），反之，不均衡的掌垫形成花纹区内方位不对称的花纹图形（箕形或囊形斗）。依掌垫的位置不同而形成流向尺侧的花纹或流向桡侧的花纹。

对此现象，Bonneive 和 Geipel 曾做过如下解释：在人体内存在着决定表皮厚度及掌垫形态和位置的基因，共有3对：Vv、Rr 和 Uu。其中 Vv 决定表皮的厚度，V 使表皮增厚，而 v 使表皮变薄。表皮越厚则形成的皮肤纹线越少，反之表皮越薄形成的纹线越多；Rr 决定桡侧手指（拇、食、中指）掌垫的位置及大小，Uu 决定尺侧手指（环、小指）掌垫的位置及大小。这三对基因相互独立，互不影响，共同决定指纹形态及纹线数量的遗传。

二、肤纹与真皮的关系

在胚胎3个月时，形成皮肤花纹处的表皮表面非常光滑，但在表皮的基底层可以看到波状的起伏，即表皮的生发层向真皮内突起，同时真皮向表皮内突起形成真皮乳头。这种浅的表皮隆起在第4个月时形成了表皮生发层下界明显的褶襞，向下生长到真皮层的

里面。这些褶襞在指头上循着以侧面→远端到中间→近端的方向形成，称为原生嵴线(也叫腺褶襞)。随着生长的继续，这些褶襞在顶端分裂，从面增加了嵴线的数目。在第5个月，在褶襞穿到真皮最深处的顶点上出现了汗腺的原基，它以管状上皮索的形式长入真皮里面，最初为实心的细胞索，随后变为空心的管状。与此同时，汗腺的腺管开始向上发育，在胚胎第6个月到达表皮的表面。在胚胎第17周，次生嵴线（也叫沟褶襞）开始在原生嵴线之间出现，它们的发育与原生嵴线的发育相平行（图3－1－1）。Hirsch 和 Schweichel 认为此现象一直延续到产后期，对皮肤花纹的影响不明显。

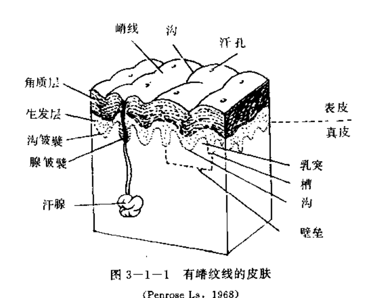


图 3－1－1 有嵴纹线的皮肤

(Penrose Ls, 1968)

在表皮的生发层向真皮内突起形成褶襞的同时，真皮组织也向表皮生发层内突起形成真皮乳头。胚胎第10—15周，在真皮的表面出现原生真皮嵴线和嵴线间沟，二者表面都很平滑，与此相对应的表皮生发层的突起表面也很平滑。胚胎第17周，在真皮表面出现次生真皮嵴线，这时真皮表面的乳头嵴及其间沟仍较平滑，但在与表皮的小犁沟相对应处出现纤维状结构，表面变得较粗糙。与真皮乳头嵴间沟相对应的表皮细胞圆而光滑；而与次生真皮乳头嵴及表皮小犁沟相对应的表皮基底细胞则变细长，其长轴沿表皮纹线的流向排列，且凹凸不平。胚胎20—21周，在与次生真皮乳头嵴线相对应的表皮基底膜及与小犁沟相对应的基底膜出现细网眼状结构。

在胚胎第6个月之后，即当腺褶襞充分形成和汗腺开始分泌与角化之后，表皮嵴线花纹完全形成。此时皮肤表面的构型开始反映其下组织的形态：表面的小犁沟相应于基底层的次生嵴线。通常在一条表皮嵴线的下面，有2—4排真皮乳头；在表皮嵴分叉处，其下的真皮乳头嵴线也相应地分叉。有人发现表皮嵴线的排列与真皮乳头嵴线的排列完全一致，在表皮纹线图形被破坏或模糊不清时，可以依据真皮的乳头嵴线图形进行鉴定，从而开辟一条新的可靠的皮纹鉴定途径。

三、肤纹与神经血管的关系

许多学者认为，皮肤花纹图形的形成与分布于该区的神经及血管有关。Hirsch 和 Schweichel 指出，在形成原生基线之前不久，在光滑的表皮—真皮边界之下出现许多排列

得非常有规律的血管神经对。这些血管神经对诱发表皮的生发层，使之形成褶襞。血管神经对出现异常时，表皮纹线的形态也相应地出现异常。例如，当神经不能长到上皮里面时，皮肤纹理的花样就不能形成，或者随着异常神经的发育而产生异常的嵴线。组织供氧不足、汗腺形成和分布的偏差、上皮基底层增生的紊乱和上皮角化的紊乱等都可以影响纹线花纹的构型。

（林子清）

第四节　肤纹的采集方法

活体特别是成人的肤纹采集是很容易的。一般在手指或手掌、足跖上涂一薄层油墨，印在纸上即可获得清晰的图象。所需器材也很简单，一般只需一个油辊，一块表面光滑的金属制成玻璃墨印板和纸地较好的白纸或表格。所用印刷油墨以黑色为宜，并须有足够粘度，以防其吸入纸内，影响印纹效果。

一、指纹的采集

首先往墨印板上涂少许油墨，用油墨辊调匀，使板的表面均匀地滚沾上一薄层油墨。墨色应乌墨，若发灰，则印纹必淡，影响指纹的分析。墨层也不宜湿面发亮，这种墨层即使印纹当时清晰，也会因油墨量多，在其后的处理中被弄脏，从而减少其利用价值。

印取指纹前，应将手洗净并擦干。脏手或有污物附着均可影响印纹效果。皮肤过湿则妨碍油墨在肤纹上附着。

指纹包绕手指的掌面和侧面，大致呈圆锥形，因此为获得完整的指纹，在捺印时手指必须转动。捺印时所用的压力不可过大也不可过小，过小则指纹不清，过大则印纹扭曲。

在滚印油墨或捺印时，手应握拳，只有待印手指伸直。最好是一手握住被检者的手，一手捏住其待印手指的指尖，使其在墨印板上滚动约 180°，然后抬起，同样转动捺印在指纹表格上。指头转动的方向，以拇指由外向内，其余各指由内向外转动为佳。这样作是考虑到前臂的构造，拇指及其余各指与挠骨的位置关系的，使拇指和各指都是由紧张的位置向松弛的位置转动，以减少指头在墨印板上和表格纸上滑动的机会。实际上，只要捺印的指纹清晰、完整及被检者易于转动手指，即使各指与拇指取同一方向转动也是可行的。

还有一些其他因素影响印纹的质量，有些是容易克服的，如捺印区皮肤不能在纸上挪动，滚印指纹时不许停顿、重复或倒退。有的是不易克服的，如手指通常呈圆锥形，当其在墨印板或纸上滚动时，各个部位将以不同的速度转动，其结果常使指纹顶端印纹不清或出现污斑。为了克服这一点，最好使捺印者能熟习运用适当的压力，既能避免指头在印纸上滑动，又能使圆锥形的指端皮肤伸展，从而得到理想的指纹。应当注意，所涂油墨不可过量，否则将因其润滑作用而在捺印时滑动，以致前功尽弃。

最后还应注意，指头滚涂油墨时，不可在另一手指已涂过的地方滚印，否则将使油墨在皮嵴上的涂敷不完全，而难望得到完好的指纹。这样做的结果，有时看起来印纹尚好，但却是两个指纹的联合，不仅导致错误的分类，甚而妨碍个人识别。

二、掌纹的采集

掌纹的采集与指纹大体相似。即在手掌上涂以一薄层油墨，然后转印在掌纹用纸上。所不同的是手掌上涂墨不是在墨印板上，而是用油滚直接涂墨。用油滚直接涂墨的油墨量不易掌握，只要墨印板上的薄层油墨量是适宜的，则油滚上的墨量也将是适当的。

如同手指不是圆柱形的一样，手掌也不是扁平的。手掌的图形是十分复杂的，所幸一般手掌有足够的屈伸活动度可使其取得良好的印纹。如果涂墨的手恰好平放在一张纸上，可以得到大部分手掌的印纹，但手掌的中心部、手指下部的大部分以及拇指与其他指间的某些部分则印不出。如果待印手掌凹凸不平很明显，则随便按印的掌纹，将得不到有分析价值的图象。

下面介绍的技术有助于取得完整的良好掌纹。首先用油滚由腕部至指端涂一薄层油墨。要保证油墨的涂敷完全，检查有无油墨过量之处。因为手掌涂墨常须滚涂数次，难免有油墨过量之处。该处可用纸或手巾轻轻除去，重新涂墨。油滚的边缘有时会在手掌上留下一条黑线，只要油墨没有充满皮沟，不会影响分析。

然后用一手握住待印手的腕部，同时伸出食、中二指按住待印手的手背。使待印者自己用另一支手的手掌（或拇指）顶住待印手的指端（各指应略为分开），将各指向上后方牵引，这样可以使全掌展平，打开掌中常见的各个褶襞。按印开始时，先使腕部着纸，然后缓缓放下手掌，最后使指端着纸。握住腕部的手继续握稳以防移动，使原来顶住指端的手压住被检手的手指，再压住被检手的手背，使掌心印纹着实。最后，在继续控制的条件下，使用双手将被检手轻轻向外转动，直至手掌呈垂直位时离开掌纹用纸。这后一步转动如同取指纹一样，是为了取得手掌尺侧面的完整的掌纹。

鉴于少数手掌凹凸过甚，用上述方法也不易取到良好的掌纹，可在掌纹用纸下方放一小垫。小垫不可过厚和过软，否则掌纹用纸易生折皱，并由于手掌滑动，涂抹印纹，不易取得良好的掌纹。一般0.6—0.7cm厚的纸巾或布片可以提供足够的曲度，并使掌纹用纸不易产生折皱。

为了取得良好的掌纹，有的提出改进的方法，用一个实心的外有泡沫塑料套的较大油滚，外面包一张捺印纸，用胶带把纸固定好。然后将涂好油墨的手掌放在捺印纸上，使油滚向上或下一方滚动，取得掌纹。这是古老的取掌纹方法的翻版：用一大罐头盒，外覆捺印纸，使涂好油墨的手掌紧贴在纸上，在桌子上滚动而取得掌纹。这些方法是可行的，但必须经过练习，才可望取得可用的掌纹，且所得的掌纹无尺侧纹形。

三、无油墨法的采集

由于油墨有污染身体及衣物且很难洗去的缺点，被检者难以接受，因而许多人反对用这种方法，并发明了一些不用油墨的肤纹采集方法。下面介绍其主要的几种方法。

（一）茚三酮—味精呈色反应

味精的主要成分是谷氨酸钠，它可以被茚三酮氧化分解，释放出氨（NH_3），同时水合茚三酮被还原。过量的茚三酮、氨与还原型茚三酮起缩合反应，生成紫红色的二茚酮——二酮茚胺的取代盐。其方法如下：

1. 配制茚三酮溶液　茚三酮　7.5—10g，无水乙醇　100ml，蒸馏水　900ml。用乙醇将茚三酮溶解，加入蒸馏水，使之成为 0.75—1.0%的茚三酮水溶液，保存于棕色瓶中备用。

2. 制备茚三酮反应纸

(1) 选择质地较细又有一定厚度的白纸（70 或 80 克者为好），切成 8 开或 16 开。

(2) 将茚三酮水溶液倒入较大的搪瓷盘或塑料盘中，将纸放在其中浸湿，并在室内阴干，避光保存备用。

(3) 制备味精盒：用 1%的味精水溶液少许，倒入小瓷盘中，放入泡沫塑料片，制成印盒。印盒应在用前配制，放置时间过长可影响捺印肤纹的清晰度。

以上过程应戴乳胶手套操作，防止手印遗留在纸上。

3. 采集方法　洗净被采集区的皮肤，然后轻轻地向味精盒上按压，操作者用纱布轻轻擦去过多的味精溶液，待皮肤不干时，印在茚三酮反应纸上，不久即显示出紫红色的肤纹。

此法避免了油墨法的缺点，便于大规模调查。用此法得到的皮肤纹印，避光可保存一年以上。若在茚三酮中加入少许氯化镉或氯化钴（5g/1 000ml），则形成较稳定的桃红色络合物，保存时间更长。

（二）普鲁士蓝颜色反应法

亚铁氰化钾〔$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$〕可与三氯化铁（$FeCl_3 \cdot 6H_2O$）反应生成蓝色的络合物。方法如下：

1. 溶液的配制　取 2.5g 亚铁氰化钾溶于 1 000 毫升蒸馏水中，制成 2.5‰水溶液；取 2.0g 三氯化铁溶于 1 000ml 蒸馏水中，制成 2.0‰水溶液。

2. 制备亚铁氰化钾反应纸　用 2.5‰的亚铁氰化钾水溶液浸泡 8 开或 16 开的白纸。

具体方法与茚三酮反应纸的制备方法相同。

3. 制备三氯化铁印盒 制备方法与味精印盒制备法相同。

4. 采集方法 与茚三酮—味精法相同。其显现的肤纹图形为蓝色。

（三）透明胶带法

1948 年 Book 曾用粉笔—透明胶带法记录指纹。Catterman 改进了此法，用墨汁—透明胶带法拓印婴、幼儿的手足纹。具体操作方法是：首先洗净皮肤，干燥后将粉笔或墨汁均匀地涂于皮肤表面，然后将透明胶带具有粘性的一面对着皮肤放到被涂过的皮肤上，轻轻加压力，然后把胶带小心取下。粘在胶带上的粉笔灰或墨汁等就记录下皮肤纹线的微细结构。

近年发现，用石墨粉或炭精粉代替粉笔或墨汁，捺印出的肤纹要清晰得多。

此法适用于不合作的婴儿或病人的皮纹采集，特别是适用于趾纹的采集，而且采集的肤纹图形可以长期保存。

（四）照相法

该法是在其它方法都行不通的情况下经常使用的一种方法。将被检区域的皮肤朝上，在其上放一块透明的平面玻璃，用足够的压力压平皮肤组织，使乳突线都在一个平面上，然后在两侧用侧光照明，以摄取反差明显的肤纹。Harrick（1962）曾根据三棱镜的受抑全内反射的原理，研制出一套照像设备，专门用于新生儿和婴儿的皮纹采集。其方法是用三棱镜压在被检区皮肤表面，这时在三棱镜内出现放大的皮纹像。用一种拍照后立刻能取出相片的照相机将影像拍照下来即可。该方法的优点是不污染皮肤，加压也不会影响皮肤纹理的清晰度。缺点是采集的皮纹范围有限，只有与三棱镜接触的区域才能被拍照下来。

（贾静涛 林子清）

参 考 文 献

1. 王光超主编。皮肤科学，第二版。北京：人民卫生出版社。1984：1。

2. 邵信华。表皮纹型与真皮构型的关系。佳木斯医学院学报。1984;37(3):皮纹学专辑:1。

3. 潘素英，等。人类指端纹型遗传特点的初步探讨。遗传与疾病。1985；2（4）：231。

4. Schaumann B，Alter M 著（姚荷生译）。皮肤纹理与疾病。第一版。江苏：江苏科学技术出版社。1984：1。

5. Cowger JF. Friction Ridge Skin，comparison and identification of fingerprints。New York：Elsevier. 1983：1—19.

6. 花兆合，等。皮纹采集和鉴定方法的改进。生物学杂志。1987；20（6）：17。

第二章　指纹的特性、基本构成与分类

第一节　指纹的特性

（一）指纹的特异性

在实际生活中容易找到两个身材、相貌、举止、神态极为相似的人。一卵双生子的容貌极为相似，以致于非家人无法区别，但只要观察一下他们的指纹特征，就可以很容易地将他们区别开来。

1892 年 Galton 曾推测，世界人口增至 60 亿时，也许可以找到两个相同的指纹。1910 年 Balthazar 用数学方法进行推算，证明当时世界上活着的人中，是不可能有两个相同指纹的。又据 Osterburg 等（1977）仅依据部分指纹推算，其机率就达 3.2×10^{-49}。在近百年的各国指纹档案管理、查对和指纹鉴定实践中，未发现有指纹完全重复的实例。这就从理论到实践都证明了指纹个人不同的客观性，证明了每个人的指纹都具有其自身特点的特性。指纹的这一特性，为指纹的个人识别提供了重要的客观依据。

（二）指纹的稳定性

胎儿 3—4 个月即产生指纹，至 6 个月左右形成了完整的指纹。出生后随着年龄的增长，纹线逐渐变粗，花纹面积逐渐增大，纹线间的细点状线逐渐出现，至成年后这些变化才停止。虽然指纹形成后还会出现这些变化，但指纹一旦形成，直到人体死亡彻底腐败之前，指纹的形态结构、细节特征的总体分布、纹线的分布范围等基本属性是不变的。这说明指纹的相对稳定性是极强的。

另外，在皮肤受伤时，只要不伤及真皮，不破坏真皮乳头及表皮生发层细胞，即使表皮大面积剥脱，也能恢复与原来完全相同的花纹形态结构及全部的细节特征。只有伤及真皮，破坏了真皮乳头及表皮生发层细胞，才会使局部的纹线遭到破坏，被伤疤所取代。这说明指纹具有一定的复原性，也是其相对稳定性极强的表现。

（三）指纹触物留痕的特性

在指纹纹线的表面有许多汗腺的开口，每时每刻都在分泌着汗液。汗液与灰尘、油垢等物质混合，手接触物体时就沾附到被触摸的物体上而留下痕迹。指纹的这一特性，为

指纹鉴定提供了物质基础。

（四）指纹的遗传性

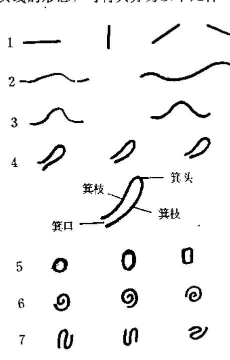
指纹是人类的生物学现象之一，它的形成受遗传基因控制，具有遗传性，这已被许多学者所证实。在以后的章节中将详细介绍指纹遗传的特性。

第二节　指纹的基本构成

一、构成指纹的纹线

（一）纹线的样式

指纹的基本纹线是乳头线，又称为皮嵴。只有乳头线可以影响指纹的基本类型。根据乳头线的形态，可将其分为以下几种（图 3－2－1）：



1. 直形线　2. 波浪线　3. 弓形线
4. 箕形线　5. 环形线　6. 螺形线　7. 曲形线

图 3－2－1　乳头线的形态

（引自刘少聪，1984）

1. 直形线：纹线呈直线状；
2. 波浪线：纹线呈起伏的波浪状；
3. 弓形线：纹线由一侧流向另一侧，呈弓状弯曲；
4. 箕形线：纹线由一侧流向另一侧，向后弯曲并返回原方向，呈箕形。箕形线又分为箕头、箕枝和箕口三部分；
5. 环形线：纹线呈闭口圆环状，有短圆形和长圆形；
6. 螺形线：纹线的一端绕起点旋转一周以上，呈螺纹状，有顺时针旋转和逆时针旋转两种形态；
7. 曲形线：纹线弯曲呈“Z”字形或“S”字形。

（二）纹线系统

构成指纹的乳头线并非杂乱无章地堆积在一起，而是按照一定的排列顺序有规律地排列在一起，形成形态规则的花纹图形。许多形态和流向相同的乳头线排列在一起叫系统，几个系统组合到一起构成一个完整的指

纹图形。按各系统所处的位置可分为以下几个系统（图 3—2—1）：

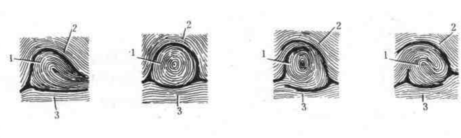
1. 内部纹线系统：居于花纹的中心部位，又称内部花纹，主要由箕形线、环形线、螺形线、曲形线等组成，是指纹的主要组成部分。

2. 外围纹线系统：从上部及左右两侧包绕着内部纹线，主要由弓形线组成。

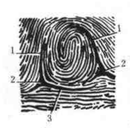
3. 基底纹线系统：也叫根基纹线系统，分布在内部纹线系统的基底部位，主要由弧度较小的波浪线和不大平坦的直形线组成。

绝大多数的指纹是由这三个系统组成的。在三个系统汇合处，常形成三角形结构，在个人识别上称为三角（delta），在人类学上称为三叉。在人类学上也将三条纹线汇合处称为三叉。三叉的数目有一个、二个或三个以上不等，平弓形纹没有三叉。

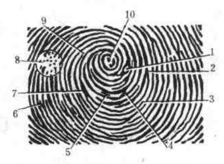
三个系统之间无明显界限，需借助三叉的上行纹线（也叫上部支流）和下行纹线（也叫下部支流）来划分。多数指纹的上部支流和下部支流包绕着内部纹线系统，有些三叉本身或其某个支流则参与到内部纹线系统中去（图 3—2—2）。



指纹的系统



三角与支流



指纹的微线

指纹的系统

1. 内部系统　2. 外部系统　3. 根基系统

三角与支流

1. 上部支流　2. 三角　3. 下部支流

指纹的微线

1. 小眼　2. 分歧点　3. 起点　4. 小桥　5. 短棒　6. 结合点　7. 小钩　8. 伤痕　9. 终点　10. 小点

图 3—2—2　指纹的系统、三角、支流与微线

（引自刘少聪，1984）

二、微线与间隙线

（一）微线

虽然构成指纹的乳头线大部分是结构规整的纹线，但仔细观察可发现：在乳头线之间或乳头线上，有许多形态不甚规则的附加结构，这些零散的结构被称为微线(minitiae)，在个人识别上称为特征点或细节特征。这些微线一般不影响指纹的类型，但其变化很大，其数目、形态、位置等具有个体特异性，是指纹鉴定的基础。

常见的微线有以下几种（图 3－2－2）：

1. 岛或点：是一个很短的嵴线，孤立于其他乳头线之间，近似于圆形，表面只有一个汗孔。

2. 短嵴线（短棒）：是一个独立存在的短线，表面有 2—5 个汗孔。

3. 小钩：一条乳头线分出一条短枝叉，形似钩状。

4. 小眼：一条乳头线上分出一条短枝线，短枝弯曲又回到原纹线上，形似眼状。

5. 小桥：一条纹线上分出一条短枝，斜行汇入相邻的另一条纹线中。

6. 末端：嵴线的突然终止点叫末端。又分为起点和终点，起点为纹线按顺时针方向起始的部位，终点为纹线按顺时针方向终止的部位。

7. 叉状：由一条纹线变成两条纹线或由两条纹线变成一条纹线的分叉处叫叉状。由一条纹线变成两条纹线叫分歧，由两条纹线变成一条纹线叫结合。

（二）填隙线

填隙线是在两乳头线之间或小犁沟的突出部位存在的圆柱形、点、线状细线，有人称之为“小犁沟细线”。

据吕登中（1981）调查 12 228 人指纹，填隙线的出现率约为 16%，无性别差异。最多见于拇指及其中心部。其纹线细窄，宽度约为 0.05—0.2mm，不到乳头线的 1/2，而且没有汗孔。填细线有随年龄增长而发展的趋势，通常在 6 岁以下小儿没有，40 岁以上的显著增多。这一点与乳头线终生不变是有所不同的。

有人观察到填隙线的存在有家族倾向性，即父母有填隙线时，子女出现填隙线的频率增加。一般在指纹分类计数纹线时不包括填隙线。但在现场指纹中如出现填隙线的特征，面嫌疑人指纹样本的相应部位也出现相同的细线，可以做为同一认定的根据。

第三节　指纹的分类

指纹的形态非常复杂，对它的分类也多种多样。1892 年，Galton 将指纹分为弓型、箕

型和斗型三大类，之后人们又提出许多新的分类方法。现今有三种主要的分类方法：个人识别的分类法、人类学分类法和生物学分类法。与法医人类学有关的主要是后两者。个人识别的分类法可参阅刘少聪主编的《新指纹学》一书。

一、指纹的人类学分类（图 3—2—3）

（一）弓型纹

弓型纹由上部的弓形线系统和下部的基底纹线系统组成。弓形线系统由多数弓形线组成，基底系统由少数波浪线和直形线组成。它可分为两种：

1. 平弓（plain arch，AP）　纹线由手指的一侧弯曲呈弓状横过手指到另一侧。平弓由两个系统组成，无三叉。

2. 帐弓（tented arch，AT）　纹线由手指的一侧呈帐幕状横过手指到另一侧。在两个系统之间的中部常有一条以上的倾斜或垂直于基底线的短线支撑着上方的弓形线。这些短线与基底纹线构成一个三叉。

（二）箕型纹

箕型纹的花纹中心为一条以上完整的箕形线，上部及两侧由弓形线包绕，下部由基底线包绕。箕型纹由三个系统组成，有一个三叉，通常位于箕下枝靠近基底线处。依中心箕线的开口方向将其分为两类：

1. 尺侧箕型纹（ulnar loop，Lu）　也叫正箕型纹。中心箕线的开口方向朝向尺侧。该型占箕型纹的绝大多数。

2. 桡侧箕型纹（radial loop，Lr）　也叫反箕型纹。中心箕线的开口朝向桡侧。

（三）斗型纹

任何具有两个或两个以上三叉的指纹均属斗型纹。依其形态的不同可以分为以下几种：

1. 真斗型纹（true whorl，W^t）　中心纹线为一条以上完整的环形线或螺形线。依其中心纹线的形态又可分为环形斗、同心环形斗（concentric whorl）及螺旋形斗（spiral whorl）。后者的中心为一条完整的螺形线或两条相对旋绕的螺形线。真斗纹由三个系统组成，有两个三叉，通常位于尺侧及桡侧靠近基底线处。

2. 双箕斗型纹（double loop whorl，W^d）　由两个完整独立的箕形纹互相重叠围绕而成。双箕斗具有三个系统、两个三叉及两个核心点。

3. 复合斗型纹（composite whorl，W^c）　不属于上述两种形态的斗型纹及各种复杂的纹型（畸形纹除外）均属此类。该型具有三个系统及两个或两个以上的三叉。

有的研究者将斗型纹分为两类：简斗及双箕斗。简斗（simple whorl，w[s]）包括除双箕斗外的所有斗型纹。

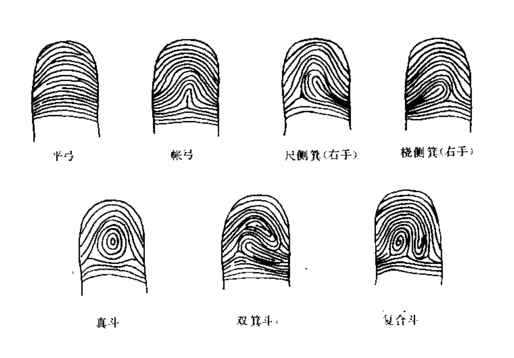


图 3—2—3 人类学分类的各型指纹模式图

（仿《人体测量方法》）

二、指纹的生物学分类

指纹是一种生物学现象，且具有遗传性，因而人们希望能有更符合生物学特性的分类方法来研究其生物学性状及遗传。1952 年，松仓丰治依指纹的遗传变异特点，提出了一个新的分类方法，叫做指纹的生物学分类法。该方法将指纹分为三个基本型和三个中间型共六型，这六型间相互联系，各型间的关系可以用双重环模式图表示。这六型的每一型又可进行中分类及小分类，这种分类由简到繁，大致反映了指纹的变异现象。其分类如下。

（一）弓斗纹

弓斗纹（arch whorl，Aw）是在弓型纹中央有旋涡状倾向的纹型，可分为两类：（图 3—2—4）

1. 单纯弓斗纹 弓型纹中央有 1、2 回转以内的单纯环形线或螺形线。

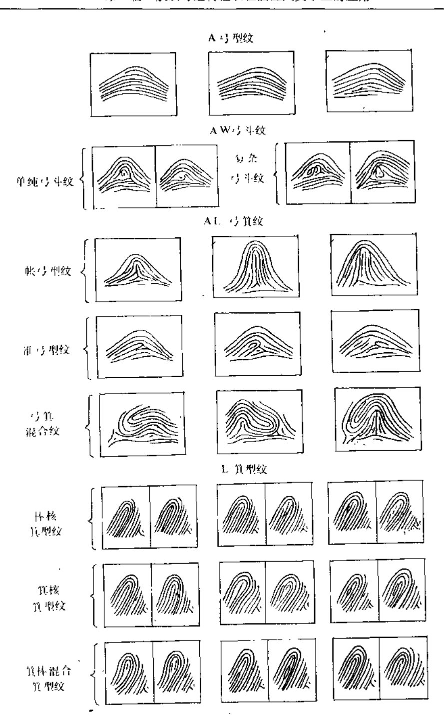


图 3—2—4　生物学分类法的各型指纹模式图（1）

（松倉豊治，1952）

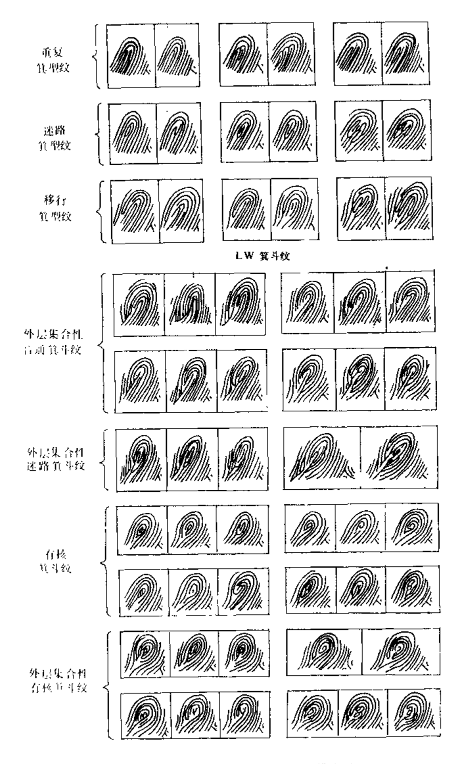


图 3—2—5　生物学分类法的各型指纹模式图（2）

（松倉豊治，1952）

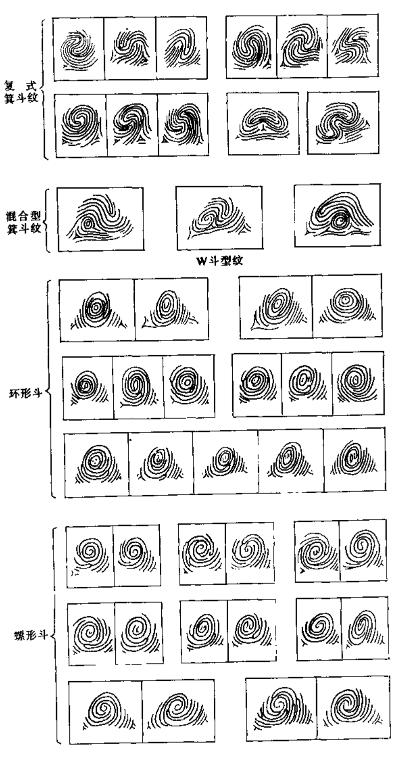


图 3—2—6　生物学分类法的各型指纹模式图（3）

（松倉豊治，1952）

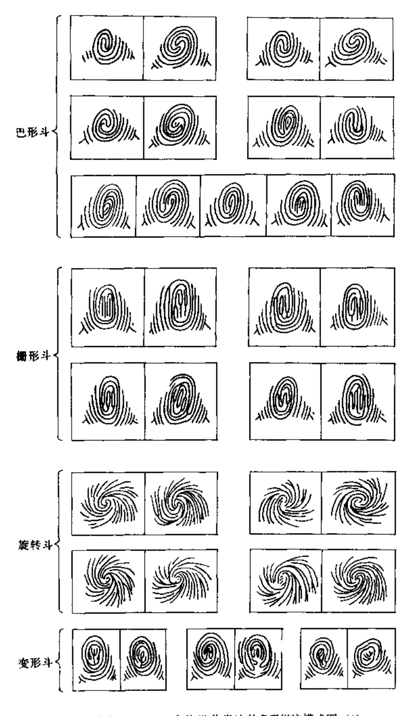


图 3－2－7　生物学分类法的各型指纹模式图（4）

（松倉豊治，1952）

2. 复杂弓斗纹　弓型纹中央有较复杂的旋涡状倾向的纹型。

（二）弓型纹

弓型纹（arch，A）其纹线由一侧呈弓状流向另一侧。（图 3—2—4）

（三）弓箕纹

弓箕纹（arch loop，AL）的大体纹型为弓形纹，但中央有纹线突起或棒线结合，或一纹线呈箕状反转，或弓箕混合。该型可分为如下三类：（图 3—2—4）

1. 帐弓型纹　中央有纹线突起或棒线结合。
2. 准弓型纹　中央有一条箕形线，其他为左右走行的弓形线。
3. 弓箕混合纹　弓型纹与箕形纹的混合。

（四）箕型纹

箕型纹（loop，L）原则上整个纹型是由箕形线并列重复而成，可再分为如下几类：（图 3—2—4、5）

1. 棒核箕型纹　中心纹线由棒形线构成。依中心棒线的形态数量又可分为以下几种：

（1）中心为一条长棒线，直接被箕形线所包绕。这是典型的棒核箕形纹。

（2）中心有两条以上棒线者。

（3）中心棒线轻度弯曲，或点线与棒线混合者。

2. 箕核箕型纹　中心纹线由箕形线构成。依中心箕线的形态数量又可分为以下几种：

（1）中心由左右均等的长箕形线构成者。

（2）中心为左右不等的箕形线者。

（3）中心箕线的一部分出现分叉或呈岛状者。

3. 箕棒箕型纹　中心由箕形线和棒形线混合构成的纹型为箕棒箕型纹。依其中心花纹的形态又可分为以下几种：

（1）中心箕线内有点状线或有一、二个短棒状线者。

（2）中心的棒形线呈岛状者，或棒线的下部分叉呈明显的箕形线者。

（3）并列的长箕形线和棒形线被其他箕形线包绕；或有不完整的箕形线与棒线混合。

4. 重复箕型纹　花纹中心的纹线由重复的箕形线或棒形线构成。依中心花纹形态又可分为以下几种：

（1）花纹中心仅为并列重复的箕形线者。

（2）花纹中心为内含棒线的重复箕形线者。

（3）花纹中心的箕线与棒线混合并列重复。

5. 迷路箕型纹　全型为箕型纹，中心纹线反转、结合、分叉呈复杂的迷路型。依其中心纹线的形态可分为以下几种：

（1）中心纹线反转呈简单的迷路形者。

（2）中心有纹线分叉，并有其他纹线介入，呈迷路状者。

（3）中心有数条纹线分叉、结合、反转、相互连接，呈复杂的迷路状者。

6. 移行箕型纹　一部分外层纹线显示向中心内翻的倾向。依中心纹线形态可分为以下几种：

（1）花纹中心的主要纹线为箕形线者。

（2）花纹中心的主要纹线为棒形线者。

（3）花纹中心由箕线或棒线构成迷路状。

（五）箕斗纹

箕斗纹（loop whorl，LW）的中心为箕型纹，外层纹线向斗型移行；或相反，外层纹线为箕型，中心有斗型倾向者；或由二、三个完整的箕形线重叠而成者。依花纹的形态可分为以下 6 类：（图 3－2－5）

1. 外层集合性普通箕斗纹　花纹本身为箕型纹，其外层纹线向中心呈箕状卷入。依花纹中心纹线的形态可分为以下几种：

（1）中心纹线为普通箕形线，外层在一侧卷入者。

（2）中心纹线为左右不等的箕形线，外层在一侧卷入者。

（3）中心纹线为普通棒形线或变形的棒形线，外侧纹线在一侧卷入者。

（4）中心为上述三种中的一种，外层纹线由两侧向中心卷入者。

2. 外层集合性迷路箕斗纹　中心为迷路箕型纹，外层纹线向中心卷入者。它可分二种：

（1）仅一侧外层纹线（主三叉的对侧纹线）向中心呈箕状卷入；

（2）外层纹线由两侧向中心卷入。

3. 有核箕斗纹　整体为箕型纹，花纹中心有各种斗形倾向的纹线结构。依中心纹线的形态可分为以下几种：

（1）中心纹线为圆形、椭圆形或不整形的环形线。

（2）中心纹线为弧形线或螺形线。

（3）中心由环形线、螺形线、短棒线等混合而成。

（4）中心花纹呈更复杂的栅状、迷路状或其他异形者。

4. 外层集合性有核箕斗纹　该型的中心与有核箕斗纹相同，其外层纹线呈箕状向中心卷入。依花纹中心纹线的形态也可分成与有核箕斗纹相同的 4 种。

5. 复式箕斗纹　中心花纹由两个或三个完整的箕型纹并列重叠而成。依中心纹线形态可分以下几种：

（1）每个箕型纹中心为一至数条棒形线；

（2）每个箕形纹中心均为箕形线；

（3）各箕型纹中心为重复的箕形线或棒形线；或一个中心是箕形线，另一个中心是棒形线。

（4）左右两个箕型纹中心呈联合形状者；

（5）三个箕型纹相互并列重复者。

6. 混合型箕斗纹　由箕形纹和斗型纹混合而成。

（六）斗型纹

斗型纹（whorl，W）全体纹型为圆环状或旋涡状。依中心花纹的形态分为以下 6 种：（图 3－2－6、7）

1. 环形斗　中心纹线以环形线为主体。依中心纹线的形态可分为以下几种：

（1）中心为两个以上的同心环形线者（圆环形纹）。

（2）中心为点线或棒线，有两个以上的同心环形线包绕者（点环形纹）。

（3）中心有一个环形线或不全环形线，外侧为不全环形线或螺形线（环螺中间纹）。

（4）中心为含有点或短棒的一个环，外侧为不全环形线或螺形线（类点环形纹）。

（5）中心为数个点、短棒或弧形花纹，外侧为环形线或不全环形线（有核环形线）。

2. 螺形斗　中心纹线以螺形线为主体。依中心螺形线的形态可将其分为以下几种：

（1）中心为典型的螺形线，至少回转一圈半，且其间不伴有分歧或中介线者；

（2）与（1）类似，在中心螺线回转一圈半之前已有分歧或结合线者；

（3）螺形线的起始端呈异形者；

（4）单纯旋涡状，但中心有一个或数个点、短棒、弧线或其他花样者；

（5）与（4）类似，在第一圈的外侧有点、短棒、弧线等花样者；

（6）由两条螺形线均等地构成复涡卷形者；

（7）两条螺形线重复，但起始处仅一方显著卷曲，另一线稍迟才卷曲；

（8）由 3 条以上螺形线重复回转，或螺形线由起始端逐次发出分歧，相互重合并回转。

3. 巴形斗　箕线或箕与螺线一起不呈 S 形而呈巴形重合者，或呈类似形者。该型又可分为以下几种：

（1）箕形线重合呈巴形，全体呈旋涡形；

（2）与（1）型相同，且在箕线的一侧或两侧伴有螺线；

（3）巴字的一方为箕形线，另一方为螺形线；

（4）中心基本为巴形，但箕形线的一侧发育不全；

（5）箕形线两侧发育不全呈不全巴形的纹线集合，渐次向栅状纹线移行者。

4. 栅形斗　纹型的全体呈螺形或环形，中心有纵、斜数条线并列呈栅形。依栅形线

的形态可分为以下几种：

（1）栅形线均由棒线构成；

（2）栅状线中有的部分呈长圆形；

（3）有 2 个以上部分呈长圆形；

（4）中心栅状线相互分歧、翻转成迷路状。

5. 旋转斗　中心纹线呈离心性旋转散开。该型可分为 4 种：

（1）中心呈箕状旋转；

（2）无特定中心点的螺线旋转散开；

（3）中心有环、点、螺线、棒线的旋转散开；

（4）中心构造复杂，难定中心点者。

6. 变形斗　不属上述各型的显著变形者。它又可分为以下 3 种：

（1）中心有一纵线，由其左右发出一条以上分歧线者（分歧纹）；

（2）与（1）相反，中心有左右两条向中心相对的纹线，但这两条纹线不结合，有时呈翻转状（对向纹）。

（3）中心有数个短线、弧线、不整圆形线或点群组成的异形花纹，难以列入任何一类斗型纹者。

第四节　指纹的纹线计数

纹线是构成指纹的基本元素，纹线计数是反映指纹花样大小的一个可靠指标。近年来，指纹的纹线数做为研究指纹遗传的一个数量化标准越来越多地得到了应用。

一、指纹的核心点

指纹的核心点（point of core）的确定是计数指纹纹线数的首要一步。指纹的中心点一般位于花纹的近似中心。依指纹型的不同，其确定方法也不同。弓型纹无核心点。

（一）箕型纹

由于各类箕形纹的中心花纹形态不同，其核心点的确定方法也不一样（图 3—2—8a）。

1. 空心箕：核心点定在中心箕线箕头的顶点上。

2. 中心箕线箕头内有明显一点或一棒线者　核心点定在该点或棒线的顶点上。

3. 中心箕线箕头内有两条以上纹线或点、棒线者　箕头内纹线或点、棒线为奇数时核心点定在居中一条纹线或点、棒线的顶点上；为偶数时定在居中一对纹线或点、棒线中距三叉点远的那条纹线、点或棒线的顶点上。

4. 中心箕线箕头顶点部有纹线相连结或穿过者　核心点定在连接点或交叉点上。

（二）斗型纹

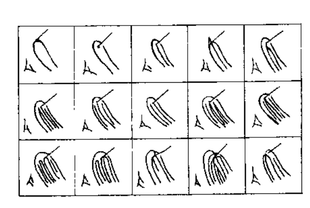
斗型纹的形态多种多样，因而其核心点的确定方法也各不相同（图 3—2—8b）。

1. 环形斗　空心环的核心点为中心环线的上端顶点；中心环线内有明显的一点或一线时，核心点为该点或线的顶点；中心环线内有两条纹线以上者，奇数时定居中一条纹线的顶点为核心点，偶数时定居中一对纹线中距离三叉点较远的那条线或点的顶点为核心点。

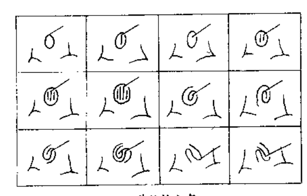
2. 螺旋斗　起点朝上的空心螺，核心点定在中心螺形线的起点上；起点朝下的空心螺，核心点定在中心螺形线第一个弯曲的顶点上；中心螺线内有点线时，定点原则与环形斗相同。

3. 绞形斗　核心点定在起点朝上的螺形线起点上。如有两条朝上的起点线，则定在最高起点线的顶点上。如果二线平齐，则定在距离远三叉点较远的那条线的起点上。

4. 双箕斗、曲形斗　以两个箕型纹中的倒头箕为准，按照箕型纹的定点方法确定核心点。



a 箕的核心点



b 斗的核心点

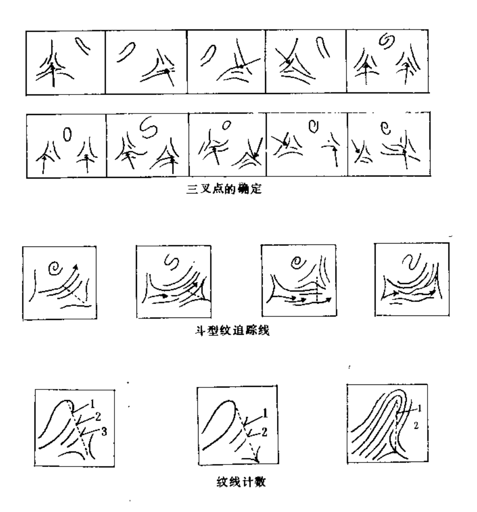
图 3—2—8　指纹核心点的确定方法
（引自刘少聪，1984）

二、指纹的三叉点

指纹三叉点（triradial point）是指上、下部支流相交的点。如果上、下部支流不相交，则三叉点定在上、下部支流延长线的交点上。在上、下部支流相互靠近处有一个点或短线时，三叉点即可定在该点或短线上。各种纹型的三叉点如图 3—2—9 所示。

三、斗型纹的追踪线

从左三叉的下部支流开始，沿此线向右三叉方向追踪，此线称为斗型纹的追踪线。



三叉点的确定

斗型纹追踪线

纹线计数

图 3—2—9　纹线计数方法
(引自刘少聪，1984)

追踪线如果中断，顺着其相对应的纹线断续追踪；若对应纹线有两条以上时沿下边一条线追踪；如果纹线中途消失，则改用靠近追踪线消失处相邻的下边一条纹线追踪。

追踪线终点的确定有两种情况：追踪线在右三叉上方通过时，做右三叉的角平分线，与追踪线相交的一点即为终点；在右三叉下方通过时，经右三叉点向下做追踪线的垂直线，相交的一点即为终点。各种斗型纹的追踪线如图 3—2—9 所示。

四、指纹纹线的计数

（一）概念

1. 指纹纹线数 又称指头嵴数（finger ridge count，FRC），是从三叉点至核心点直线（Golton's 线）距离上的纹线的条数。可以表示纹型的大小。

2. 指纹纹线总数 又称总指头嵴数（total finger ridge count，TFRC），是十指指纹纹线数的总和。

3. 绝对指纹纹线总数 又称绝对总指头嵴数（absolute finger ridge count，AFRC），是依十指所有三叉点计数纹线数的总和。

（二）计数方法

指纹纹线数的计数方法因纹型不同而异（图 3—2—9）。

1. 弓型纹 纹线数为 0。

2. 箕型纹 在三叉点和核心点之间连一直线（Galton's 线），凡与该线相交或通过该线的纹线包括各种微线均应计数，但核心点和三叉点本身及依附于纹线旁的微线不计数，靠近 Galton's 线但不与之相交的纹线也不计数。连线通过分歧点或结合点时按 2 条纹线计数。

3. 斗型纹 斗型纹有两个以上的三叉点，应取核心点及与其相距较远的三叉点连一直线，计数交于或通过该线的纹线数。

若斗型纹有两个核心点，则依三叉点至最近的一个核心点直线距离上的纹线条数计算纹线数。所得出的两个纹线数中，以数目较多的一侧代表该指纹的纹线数。

斗型纹的纹线计数原则与箕型纹相同。

（三）纹线数与指纹型的关系

指纹型反映指纹的花纹形态，纹线数主要反应花纹的大小，在某种程度上也可反映花纹的类型。纹线数为 0 时表示弓形纹的存在，较低的纹线数表示较小的箕形纹或斗型纹，较高的纹线数则多数表示较大的斗型纹。箕型纹的平均纹线数约为 12 条，斗型纹的平均纹线数约为 17 条，明显高于箕型纹，且在两性间没有差异。

（林子清）

参考文献

1. 刘少聪主编。新指纹学。第一版。安徽：安徽人民出版社，1984。

2. Schaumann B, Alter M 著（姚荷生译）。皮肤纹理与疾病。第一版。江苏：江苏科学技术出版社，1984：21。
3. 吴汝康，等。人体测量方法。第一版。北京：科学出版社。1984：138
4. 松倉豊治。指紋の遺伝に関する研究（第一編），指紋の生物學的分類及び「生物學的指紋価」の提唱。四国医學雜誌。1952；3（1）：1—22。

第三章 指纹纹型与纹线数的分布

指纹的纹型及纹线数的分布具有明显的种族、民族、地区乃至性别的差异。深入研究指纹型及纹线数分布规律对探索指纹的遗传规律、人群的迁移、民族及地区人群的关系及人类起源等问题都有一定意义。为了正确运用指纹纹型和纹线数于亲子关系的分析，也须首先了解其在随机人群中的分布规律。

第一节 指纹分析时常用的指标

（一）民族指数

民族指数最早由古畑種基提出，借以表示指纹纹型分布的种族的乃至民族的差异，常用的有以下几种：

1. 斗箕指数（whorl-loop index） 也叫古畑指数（Furuhata index，FI），反映个体指纹型的构成，适用于大样本分析。

$FI=W/L\times100$

2. 弓斗指数（arch-whorl index） 又称 Dankmeijer 指数（DI）：

$DI=A/W\times100$

3. 反正箕指数（radial-ulnar loop index） 又称木村邦彦指数（kimura index，KI）：

$KI=L^r/L^u\times100$

4. 花纹强度指数（pattern intensity index，PII） 是每个人每只手指三叉的平均数，借以表示指纹的复杂程度。又称指纹指数。

$PII=(L+2W)/10$

若将弓型纹分为平弓和帐弓，则其纹型强度指数为：

$PII=(A^t+L+2W)/10$

5. 指纹系数（finger print coefficient，FPC）

FPC＝（W/W＋L）×100

（二）纹型组合形式

一只手各种类型的指纹的配布为指纹组合，常用有以下几种形式：

1. 自拇指至小指按弓型（A）、尺箕（U）、挠箕（R）和斗型（W）四种纹型顺序排列成指纹组合，如 UUUUU，WRUUU 等。

2. 按 5 指中弓、箕、斗的数目顺序排列而成，未出现的类型不列入，如 5U，5W，1A2L2W，2L3W 等。

（三）同型指纹

1. 同型指纹对应　左右手同一对手指出现同一类型指纹，称为同型指纹对应。按通常弓、箕、斗类型，可分成同型弓对应、同型箕对应和同型斗对应。

2. 五指同纹型　一个人的一手五指均为同一纹型时，为五指同纹型。通常按弓、箕、斗类型，分为五指同弓、五指同箕和五指同斗。

3. 十指同纹型　一个人的十指均为同一类纹型时，为十指同纹型。通常按弓、箕、斗类型分为十指同弓、十指同箕和十指同斗。

第二节　不同人群指纹纹型与纹线数的分布

一、种族的差异

（一）指纹纹型分布的差异

经各国许多学者多年的调查研究表明，指纹纹型的分布确有明显的种族差异，其结果如表 3—3—1 所示：

表 3—3—1　　不同种族的指纹纹型分布

人　种	性别	纹型%			
		A	L^r	L^u	W
黄种人					
中国人（汉）	男	2.00	2.38	42.82	52.80
	女	2.82	2.38	47.83	46.97
日本人	男	1.70	3.30	45.60	49.50
	女	1.90	2.60	53.20	42.40

续表

人　种	性别	纹型%			
		A	L^r	L^u	W
白种人					
美国人	男	6.7	5.0	59.9	28.4
	女	9.2	3.8	63.0	24.0
英国人	男	4.30	5.90	61.50	28.30
	女	5.70	4.80	65.40	23.90
法国人	男	7.20	5.10	55.20	32.40
	女	7.40	2.20	58.60	31.80
黑种人					
	男	5.5	3.3	62.2	28.8
	女	8.5	2.2	61.4	27.9
	男	6.2	2.2	66.9	24.7
	女	10.8	2.0	64.0	23.2
澳洲土著	男	0.45	1.13	35.08	64.82
	女	2.00	1.25	33.00	64.75

作为黄种人，中国人和日本人的指纹型分布是大体一致的。其共通特点是，在男性斗型纹频率高于正箕型纹；在女性，则相反正箕型纹频率高于斗型纹。

白种人的共通特点是，不论男女都是正箕型纹的频率比斗型纹显著为高；但在正箕型纹，其频率女高于男，在斗型纹则男高于女。弓型纹的频率不论男女均高于黄种人；反箕型纹的频率，在男性比黄种人明显为高。

黑种人的共通特点是，不论男女都是正箕型纹的频率比斗型纹显著为高(2 倍以上)；且不论正箕型纹或斗型纹都有男高于女的倾向。其弓型纹频率与白种人相似，反箕型纹频率与黄种人相似。

澳洲土著的特点是，斗型纹频率在各种族中是最高的，箕型纹频率是最低的，前者均为后者的 2 倍。弓形纹与反箕型纹的频率也是各人种中最低的。

种族间的上述纹型分布差异可以用民族指数表达如表 3—3—2。其中的 KI 鉴别效果较差，其余各项指标鉴别效果均较好。

表 3—3—2　民族指数

人种	性别	FI	DI	KI	FPC	PII
黄种人						
中国人	男	116.8	3.8	5.6	53.9	15.1
	女	93.5	6.0	5.0	48.3	14.4
日本人	男	101.2	3.4	7.2	50.4	14.8
	女	76.0	4.5	4.9	43.2	14.1
白种人						
美国人	男	43.8	23.6	8.3	30.4	12.2
	女	35.9	38.3	6.0	26.4	11.5
英国人	男	42.0	15.2	9.6	29.6	12.4
	女	34.0	23.9	7.3	25.3	11.8
法国人	男	53.7	22.2	9.2	34.9	12.5
	女	52.3	23.3	3.8	34.3	12.4
黑种人						
	男	44.0	19.1	5.3	30.5	12.3
	女	44.0	30.5	3.6	30.5	11.9
	男	35.7	25.1	3.3	26.3	11.9
	女	35.1	46.6	3.1	26.0	11.2
澳洲土著	男	179.0	0.7	3.2	65.1	16.6
	女	189.0	3.1	3.8	66.1	16.4

（二）纹线数分布的差异

纹线数的分布在黄种人与白种人之间的差别主要表现在女性，黄种人的 TFRC 均值都在 130 以上，而白种人都在 130 以下；男性间的差别则不如女性之显著。

表 3—3—3　不同种族的纹线数分布

种族	男性		女性	
	例数	TFRC	例数	TFRC
黄种人				
中国汉族(北方)	356	142.98±2.33	356	132.93±2.32
中国汉族(南方)	520	148.80±1.86	520	138.46±1.82
日本人	313	151±2.60	313	142±2.53
印度人	200	140±3.22	200	136±2.93
白种人				
英国人	825	145±1.79	825	127±1.83
葡　人	100	141±4.20	100	126±4.60
法国人	351	132±2.42	360	121±2.45
瑞典人	204	140±3.46	180	121±3.94
北美人	200	142.9±3.51	200	120.4±3.70

值得注意的是，不论黄种人或白种人，也不论是哪个国家的人群，其 TFRC 均值大

体上都是男性明显多于女性。其原因可能与女人的手比男人小有关，但女人手指的乳头纹线一般较男人为狭细，即使是和男人同大的手，其纹线也较细。可见，单纯用手的大小来解释是不够的。

现在大多数都同意 Penrose (1967) 的意见，认为女性 TFRC 值比男性为低是因为 X 染色体有使 TFRC 降低的效果，其作用约为 Y 染色体的 3 倍。性染色体数目与 TFRC 值间的相关关系如表 3—3—4 所示。在 X 染色体组型中，X 染色体数目与 TFRC 间存在反比关系。有一个 X 的，TFRC 最大；超过两个 X 的，则 TFRC 随 X 的递增而递减。Penrose 并为此提出推算 TFRC 的公式：

TFRC＝187－30X－12Y

表 3—3—4　　性染色体数目与 TFRC 值的相关

性染色体	TFRC	
	均值	S.D.
X	173.6	44
XY	145.0	50.1
XYY	133.6	46.2
XX	127.2	52.5
XXY	114.8	49.6
XXYY	106.1	51.6
XXX	109.8	54.7
XXXY	63.0	49.2
XXXYY	73.0	—
XXXX	110.0	66.7
XXXXY	49.9	51.1

(Penrose 1967)

男性按此公式的计算值与观察值相符合，但女性的 XXX 或 XXXX 者，观察值比计算值高得多，似乎 X 染色体之间尚有某种“协同”作用，不是单纯的累加效果。

二、民族的差异

(一) 指纹型分布的差异

作者等 (1989) 曾就我国 17 个民族的指纹型分布进行了比较分析 (表 3—3—5)，发现朝鲜、彝、苗、羌、回、黎、保安、东乡、仡佬和景颇等 10 个民族的 L 型频率高于 W 型，其中以苗族表现最明显，回族次之。藏、鄂伦春、鄂温克、侗、布依、水和汉族的 W 型频率高于 L 型。各民族的 A 型出现率均很低。17 个民族相互成对作 χ^2 检验，结果

在 136 个比较组合中，羌、黎和东乡族间的差异不明显（P>0.05），其余均有差异。说明指纹型的分布在大多数民族间是不同的。

表 3—3—5　　指纹型分布的民族差异

民族	人数	指纹分型（%）				文献	
		A	L^u	L^r	W		
汉	1 614	4.02	45.17	2.03	48.82	林子清，贾静涛	1989
朝鲜	600	3.07	51.49	2.48	42.94	李印宜	1985
彝	340	2.20	52.56	2.75	42.49		
苗	355	4.00	60.87	2.90	32.23	李忠孝	1984
羌	568	2.10	48.34	2.86	46.88		
藏	1 071	1.85	45.21	3.01	49.93		
回	233	1.84	54.49	2.33	41.35		
黎	534	2.66	48.84	2.15	46.35		
保安	147	1.08	47.90	2.87	48.14	李实喆	1984
东乡	382	2.28	48.51	3.17	46.02		
鄂伦春	422	2.42	25.85	2.20	49.55		
鄂温克	623	2.25	44.78	2.36	50.63		
仫佬	487	4.33	48.52	2.57	44.58	周家美	1984
侗	418	3.01	(47.27)		49.71		
水	411	1.78	(43.46)		54.77	吴立甫	1983
布依	450	0.81	(47.05)		52.33		
景颇	496	2.56	47.15	2.06	48.23	金安鲁	1982

张海国（1988）就我国 28 个民族 52 个群体的资料进行了指纹纹型分布的聚类分析（cluster analysis），并以 L_2 距离作为聚类的判断值，根据 L_2 距离的矩阵画出系统树。结果在系统树上有南方群和北方群出现，表示我国各有关民族仍有其相对独立的肤纹体质特征。这些群体的肤纹 L_2 距离与所居住的地理位置大约成平行的关系。据推测南北两大聚类群是以长江或北纬 30°—33°为界带。此外，尚有混合聚类群，有不少南方和北方小群嵌于混合群中，不能将其简单地归类于南、北群。这种混杂现象可能表明中华民族的群体成员又有相对一致的体质特征。

（二）指纹纹线总数分布的差异

指纹纹线总数有无民族差异，意见并未一致。李实喆、李忠孝等认为纹线总数的民族差异很明显，而吴立甫等则认为差异不明显。根据作者等收集的样本较大的 15 个少数民族资料进行比较（表 3—3—6），发现 TFRC 均值在男性大都动播在 140—160 之间，在女性则大都在 130—150 之间，符合黄种人的 TFRC 分布特点。TFRC 值最高的在男性为蒙古族，在女性为回族；TFRC 值最低的，男性和女性均为畲族。不论性别如何，TFRC

的分布在多数民族之间是有差别的。

表 3—3—6　　我国 15 个少数民族的 TFRC 值分布比较

民族	男			女			文献
	n	TFRC	S. E.	n	TFRC	S. E.	
黎	262	142.1	3.03	272	125.8	2.92	李实喆等 1984
苗	188	146.1	3.20	158	132.9	3.54	李实喆等 1984
羌	262	150.9	2.64	149	137.3	3.31	李实喆等 1984
藏	182	156.6	3.47	189	135.7	2.86	李实喆等 1984
回	327	157.3	2.43	174	156.7	3.36	李实喆等 1984
朝鲜	205	145.9	2.85	277	128.9	2.53	李实喆等 1984
鄂伦春	184	151.7	2.94	238	142.2	2.83	李实喆等 1984
鄂温克	317	154.5	2.13	306	140.6	2.45	李实喆等 1984
维吾尔	193	159.2	0.59	340	141.0	0.57	艾琼华等 1984
哈萨克	277	153.0	0.70	232	147.1	1.01	艾琼华等 1984
蒙古	315	161.2	0.37	203	149.9	0.52	艾琼华等 1984
锡伯	252	148.6	0.61	256	131.9	0.65	艾琼华等 1984
佤	500	147.7	1.88	400	135.8	2.26	吕承铭等 1987
畲	270	138.3	2.44	155	127.1	3.80	章菊明等 1985
裕固	170	149.3	1.61	138	145.0	3.37	戴玉景等 1987
计	3 904	150.8		3 487	138.1		本书综合

三、地区的差异

(一) 指纹纹型分布的差异

我国汉族居住于辽阔的国土上，为了解汉族的指纹型分布有无地区差异，取部分地区资料比较如表 3—3—7。

表 3—3—7　　不同地区汉族的指纹型分布

地区	例数	指纹分型（%）				文献
		A	L^u	L^r	W	
北京	200	2.50	43.60	3.00	50.90	左素勤 1981
承德	600	2.78	46.77	1.72	48.73	孙广林等 1982
锦州	500	3.64	48.32	2.63	45.72	王惠孚等 1980
延吉	515	1.06	49.02	2.02	47.90	蔡奎铉 1980
吉林	1 614	4.02	45.17	2.03	48.82	林子清，贾静涛 1988
兰州	630	1.72	43.26	1.52	53.50	李巢高等 1979
洛阳	400	2.38	46.90	2.85	47.87	黄心哲等 1982

续表

地区	例数	指纹分型（%）				文献
		A	L^u	L^r	W	
泸州	691	2.33	44.99	2.58	50.10	李忠孝等　1984
南京	1 181	2.21	45.11	3.20	49.48	郭汉璧等　1981
上海	1 040	2.03	44.65	2.47	50.85	张海国等　1982
苏州	180	1.50	44.44	2.06	52.00	陈祖芬等　1986
台州	300	2.10	43.40	2.83	51.67	陈扬雷　1983
西安	750	4.16	38.57	1.59	55.68	马慰国　1981
孝感	905	2.34	45.55	1.83	50.28	邓少华等　1983
伊宁	1 001	1.96	46.95	3.23	47.86	艾琼华等　1984
榆林	700	7.50	52.00	1.70	38.80	焦富勇等　1985
遵义	425	2.20	44.31	1.77	51.72	吴立甫等　1983

据张海国（1988）就我国汉族17个群体的调查资料分析，发现锦州、西安、延吉、榆林等4个群体与其他任意群体比较都表现出显著的差异，认为汉族群体的指纹参数确有差异存在。北京、泸州、南京、上海、苏州、台州、孝感、遵义等群体，在任意群体的对比中，至少有7个群体与之无显著差异。

就各群体间的指纹分量分析：A分量，榆林、台州、上海群体与其他群体有差异；L^u分量，榆林、苏州群体与其他群体有差异；L^r分量，南京、苏州群体与其他群体有差异；W分量，锦州、西安、榆林、北京、泸州及孝感等群体与其他群体有差异。

聚类分析表明汉族人群中可以划分出一个南方大群，包括苏州、南京、台州、遵义、上海、泸州、孝感、台湾、北京共9个群体。北京群体归于南方大群，可能与首都人口迁入迁出性特别大有关。余下的属于北方群体。南方群体间的差异小于北方群体，即南方各群体的指纹参数较为均质。北方群体乃是一个混合大群，除伊宁与洛阳可集为一群外，其他群体都表现出相对的独立性，这些情况表明汉族人指纹分布的多态性，可能与汉族人口众多，历史上的多次人口迁移有关。南方大群基本上居于北纬33°以南地区，按指纹参数划出的南方大群与其居住地理位置呈平行的关系。

（二）指纹纹线总数分布的差异

作者等（1989）曾就上海等6个地区汉族的指纹纹线总数进行了分析（表3—3—8）。结果表明，我国汉族人总纹线数的平均值为141.10±0.69，以四川的TFRC值为最高，辽宁最低。检验各地区的差异，结果在15对比较组合中，差异极显著者为12对（80.0%），无明显差异者3对（20.0%），表明指纹纹线总数有明显的地区差异。

表 3—3—8　不同地区汉族 TFRC 均数的比较

地区	例数	TFRC	S.E.	P	文献
上海	1 040	143.63	1.31	>0.05	张海国等 1982
湖南	400	138.03	2.33	>0.05	余浣珍等 1980
四川	694	150.97	2.08	<0.01	李忠孝等 1984
贵州	425	135.89	2.08	<0.05	吴立甫等 1983
辽宁	500	124.51	1.88	<0.05	王惠孚等 1980
吉林	712	137.94	1.65	<0.01	林子清，贾静涛 1989
计	3 771	141.10	0.60		

第三节　同一人群指纹型与纹线数的分布

一、指纹纹线数的分布

（一）单指指纹纹线数的频率分布

以作者等调查的吉林地区汉族 1 416 人（14 160 指）为例，其单指指纹纹线数的频率分布如表 3—3—9。其分布基本上呈正态性，高峰在纹线数为 13—15 组。

表 3—3—9　单指指纹纹线数的频率分布

纹线数分组	指数	频率（%）
0	236	1.67
1—3	642	4.53
4—6	957	6.76
7—9	1 330	9.39
10—12	2 345	16.56
13—15	3 193	22.55
16—18	2 645	18.68
19 21	1 686	11.91
22—24	673	4.75
25—27	298	2.10
28—30	105	0.74
>30	50	0.35

（林子清，贾静涛　1989）

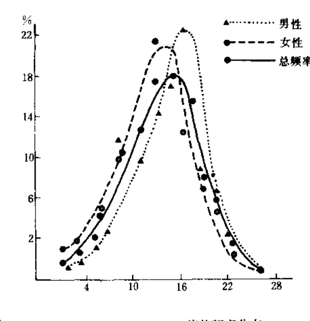


图 3—3—1　TFRC 值的频率分布

（二）指纹纹线总数的频率分布

指纹纹线总数的频率分布如表 3—3—10 及图 3—3—1 所示。为近似正态分布，略呈负偏态，其峰为中庸峰（$g_1=-0.2891$，$g_2=0.0340$），高峰位于 121—160 组处。女性的总纹线数呈负偏态，其峰为高狭峰，高峰位于 121—140 组处。男性的分布亦呈负偏态，其峰为高狭峰（$g_1=-0.353$，$g_2=0.1883$），高峰位于 161—180 组处，比女性明显右移。

表 3—3—10　　TFRC 值的频数分布

组距	男性		女性		合计	
	No	%	No	%	No	%
0—	3	0.84	4	1.12	7	0.98
21—	3	0.84	6	1.69	9	1.26
41—	7	1.97	9	2.53	16	2.25
61—	14	3.93	21	5.90	35	4.92
81—	39	10.96	35	9.83	74	10.39
101—	34	9.55	45	12.64	79	11.10
121—	54	15.17	75	21.07	129	18.12
141—	60	16.85	70	19.66	130	18.26
161—	77	21.63	42	11.80	119	16.71
181—	31	8.71	26	7.30	57	8.01
201—	24	6.74	16	4.49	40	5.62
221—	8	2.25	6	1.69	14	1.97
241—	2	0.56	1	0.28	3	0.42
合计	356	100.00	356	100.00	712	100.00

（林子清，贾静涛　1989）

指纹纹线总数的另一种统计方法即绝对指纹纹线总数(AFRC)，据张海国等就 1 040 名汉族人求得的 AFRC 频率分布为左右对称的正态曲线，曲线呈正态低阔峰。AFRC 的正常值如表 3—3—11 所示。与 TFRC 相似，AFRC 也是男性高于女性，且与左右手无关。

表 3—3—11　　1 040 名汉族人的 AFRC 正常值

手别	男（手数：520）			女（手数：520）		
	AFRC	S.D.	S.E.	AFRC	S.D.	S.E.
左	110.49	46.10	2.02	100.20	44.50	1.95
右	113.45	45.62	2.00	100.88	42.12	1.85
双手	223.94	91.69	4.02	201.08	86.61	3.80

男女合计：212.51±89.83，±2.79　　（张海国　1982）

二、指纹纹型与纹线数的指别分布

（一）指纹纹型的指别分布

不同指纹型在各手指的分布也是有明显的差异的。弓形纹在拇指及食指中的分布较多，尤其 A^t 形纹在食指中的分布最为突出。正箕形纹在小指的分布频率很高，而反箕形纹则在食指的分布最多。简斗形纹在环指的出现率最高，而双箕斗型纹则多见于拇指。上述现象不论性别和手别都表现明显。女性 L^u 型频率高于男性，主要表现在右手各指。男性 W^s 型频率高于女性，主要表现在右手除食指外的各指；其 L^r 型频率高于女性，主要表现在右手食指。

表 3—3—12 指纹型的指别分布（%）

指纹型	性别	左手各指					右手各指				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
A^s	男	2.3	1.4	1.0	0.5	0.1	1.3	1.8	1.3	0.3	0.5
	女	4.9	3.9	2.7	1.2	1.4	3.1	3.4	1.8	0.7	0.7
A^t	男	0.7	7.8	1.9	0.6	0.7	0.6	6.2	3.1	0.8	0.7
	女	1.4	6.5	2.6	1.0	1.9	0.7	5.4	2.6	1.1	1.5
L^u	男	39.2	35.0	52.8	30.9	70.7	33.0	30.4	52.5	24.8	60.5
	女	42.0	35.5	52.1	35.1	73.6	41.3	38.2	59.7	32.8	67.1
L^r	男	0.3	7.1	1.5	0.1	0.1	0	11.5	2.2	0.8	0.1
	女	0.7	7.6	1.2	0.5	0.4	0.1	4.9	0	0.3	0.4
W^s	男	43.0	42.7	36.3	63.7	23.9	56.3	43.9	37.0	71.4	36.5
	女	35.9	40.7	36.3	58.9	21.4	43.6	44.8	31.3	63.5	29.0
W^d	男	14.5	6.1	6.4	4.3	4.5	8.8	6.2	4.0	1.8	1.8
	女	15.3	6.0	5.1	3.4	1.4	11.2	3.4	4.7	1.8	1.4

（林子清，贾静涛 1989）

（二）指纹数的指别分布

分析各指的纹线数如表 3—3—13 所示。不论性别如何，在左右手各指中，均以拇指和环指的纹线数为最高，其余三指无明显差异；在左右对应手指中，男女均为右手拇指的纹线数略为高于左手拇指（$P<0.05$），其余各指无明显差异。从性别差异来看，男性左手的拇指、中指、小指及右手的拇指和小指其纹线数均明显高于女性相应各指的纹线数（$P<0.05$，或 $P<0.01$），而其余各指无明显差异。

张海国等（1982）曾报道上海汉族指纹纹线数的分布情况，其结果与作者等的所见一致，即以拇指和环指的纹线数为最高，其原因可能与拇指和环指的斗型纹频率高有关。

表 3—3—13　　纹线数的指别分布

手指	性别	左手 均数	左手 S.E.	P	右手 均数	右手 S.E.	P
1	M	16.37	0.34	<0.01	17.49	0.31	<0.01
	F	14.11	0.35		15.87	0.33	
2	M	11.97	0.31	>0.05	12.41	0.32	>0.05
	F	11.46	0.30		12.00	0.31	
3	M	13.71	0.29	<0.01	13.08	0.30	>0.05
	F	12.59	0.29		12.50	0.30	
4	M	16.22	0.30	>0.05	15.89	0.28	>0.05
	F	15.56	0.30		15.57	0.30	
5	M	12.92	0.25	<0.01	12.47	0.25	<0.05
	F	11.68	0.25		11.59	0.26	

（林子清，贾静涛　1989）

三、左右手指纹的对应性

（一）指纹型的对应性

分析左右手对应手指各种纹型组合格局的频率（表 3—3—14）可见，在各种组合中，W/W 的频率最高，A/W 的频率最低。A/A、A/W 和 A/L 组合在食指的频率高；L/L 在小指高，其次为中指；W/W 在环指高，其次为拇指；L/W 在各指的频率相似。说明纹型在各指的分布有一定的倾向性，A 型多见于食指，L 型多见于小指，W 型多见于环指。

表 3—3—14　　对应手指各种纹型组合的频率（%）

手指	对应手指组合形式					
	A/A	A/L	A/W	L/L	L/W	W/W
1	1.61	3.04	0.93	27.94	18.90	47.58
2	4.65	7.62	1.18	29.55	18.15	38.85
3	1.74	4.83	0.06	44.36	17.22	31.78
4	0.81	1.30	0.06	21.75	17.29	58.80
5	1.12	1.30	0	58.98	16.79	21.81
平均观察频率	1.98	3.62	0.45	36.52	17.76	39.77
期望频率	0.16	3.78	3.90	22.28	46.07	23.81
P 值	<0.01	>0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

（林子清，贾静涛　1989）

由上表还可看出，除 A/L 组合外，各组合的频率与由 A、L、W 的频率所预期的二

指随机组合频率相比较，均有显著差异。其中A/A、L/L、W/W等同型组合频率显著高于期望频率，而A/W和L/W等异型组合频率显著低于期望频率；只有A/L组合频率与期望频率相似。说明指纹各型在双手的分布具有对称性，并非随机分布。

（二）纹线数的对应性

在前面研究纹线数的指别分布时曾注意到，除拇指外，左右对应手指的纹线数无明显差异，但如从左右对应手指纹线数之差（L—R）来看，其结果如表3—3—15所示。随着L-R值的增加，各指的频率均减少，其分布基本呈倒S形曲线（图3—3—2）。以纹线数之差为1的频率为最高，以下逐渐降低；在各指中，绝大部分的L－R值在4以内，约占77.8%，可见其分布很集中，说明指纹纹线数的分布具有左右对称的特性。

表3—3—15　对应手指纹线数之差（L—R）的组合格局（%）

L—R	手指					合计
	1	2	3	4	5	
0	11.24	13.20	14.33	13.06	15.59	13.48
1	16.43	21.35	23.46	22.89	27.81	22.39
2	14.47	17.42	18.54	19.80	20.65	18.17
3	12.92	12.50	13.48	14.47	12.92	13.26
4	12.92	9.83	9.41	11.24	8.85	10.45
5	8.43	6.74	7.16	6.88	5.62	6.97
6	8.43	6.60	4.49	3.79	5.06	5.67
7	3.65	2.95	3.23	4.35	1.41	3.12
8	2.95	2.52	2.11	0.42	0.84	1.77
9	2.81	2.39	1.12	0.84	0.28	1.47
10	1.69	1.26	0.56	0.98	0.70	1.04
>10	4.07	3.23	2.11	1.12	0.28	2.16
L—R最大值：	18	15	18	16	13	

（林子清，贾静涛　1989）

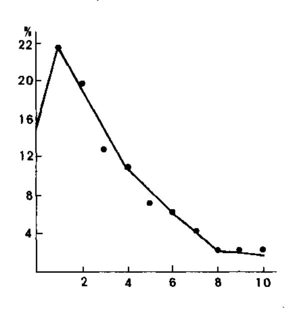


图 3—3—2　对应手指纹线数差值的分布
（林子清，贾静涛，1989）

四、五指纹型组合格局与十指同纹型

（一）五指纹型组合格局

五指纹型组合共有 21 种，各组合频率见表 3—3—16。其中以 OLW 组合频率为最高，同型组合的 OOW、OLO 和 AOO 次之，AOW 组合频率最低。与由 A、L、W 的频率所预期的五指随机组合频率相比较，差异极显著：同型组合 OOW、OLO 和 AOO 的频率显著高于预期频率 (P<0.01)，异型组合的 ALO 也偏高；而异型组合 OLW、AOW、ALW 则偏低。由此可见，指纹在一只手上的分布并不是随机的。

表 3—3—16　　五指纹型组合百分频率　　（手数：3 228）

组合格局			观察频率		期望频率	
A	L	W				
0	0	5	16.54	27.94	2.77	5.11
0	5	0	11.06		2.34	
5	0	0	0.34		0.00001	

续表

组合格局			观察频率		期望频率	
A	L	W				
0	1	4	16.30	59.39	13.38	76.42
0	4	1	14.50		12.11	
0	2	3	13.91		25.89	
0	3	2	14.68		25.04	
1	4	0	3.66	6.08	0.99	1.18
4	1	0	0.53		0.0006	
2	3	0	1.18		0.17	
3	2	0	0.71		0.014	
4	0	1	0.06	0.25	0.0006	1.34
1	0	4	0.19		1.13	
2	0	3	0		0.19	
3	0	2	0		0.015	
1	1	3	0.99	6.36	4.39	15.96
3	1	1	0.31		0.029	
1	2	2	1.30		6.37	
2	2	1	0.53		0.52	
1	3	1	3.04		4.11	
2	1	2	0.19		0.54	

（林子清，贾静涛　1989）

（二）十指同纹型

十指同纹型的频率如表 3—3—17 所示。其中十指同斗的频率最高，十指同弓的频率最低。与由 A、L、W 的观测频率所预期的随机组合时十指同纹型出现的频率相比，各型频率均高于预期频率（$P<0.01$）。显示十指同纹型的组合也不是随机分布的。

表 3—3—17　十指同纹型频率（n=1 614）

同纹型	观察频率（%）	期望频率（%）
十指同斗	10.84	0.077
十指同箕	5.33	0.054
十指同弓	0.124	1.1×10^{-12}

（林子清，贾静涛　1988）

十指同纹型的观察频率显著高于期望频率，以及前述的五指指纹型组合中的同型组合，左右对应手指指纹型组合中的同型组合等都是观察频率显著高于期望频率，这种非随机现象的发生估计是与遗传有关的，但其具体机制尚不清楚。由于这种现象在随机人群中如此常见，在估价亲子关系时应当予以充分的注意。

参考文献

1. 吴汝康等。人体测量方法。北京：科学出版社。1984：142。
2. 林子清，贾静涛。我国汉族指纹纹线数分布的研究。中国医科大学学报。1989；18（1）：14。
3. 林子清，贾静涛。汉族指纹纹型分布的研究。中国医科大学学报。1989；18（5）：364—370。
4. 张海国。肤纹参数在52个中国人群中的分布。人类学学报。1988；7（1）：39—45。
5. 张海国。汉族人群指纹综合分析。人类学学报。1988；7（2）：121—127。
6. 姚荷生。肤纹花样——诊断遗传疾病的一种辅助手段。江苏医药。1978；11：29—36。
7. 颜文伟。皮肤纹理与遗传。国外医学·遗传学分册。1981；5：269。
8. 李实喆，等。中国十一个少数民族的皮纹研究。人类学学报　1984；3（1）：37。
9. 吴立甫，等。贵州省少数民族皮纹学研究。遗传　1983；5（6）：33。
10. 李忠孝，等。四川省五个民族的手纹研究。遗传　1984；6（6）：36。
11. 余浣珍，等。我国妇女皮肤沟纹图型400例分析。遗传　1980；2（3）：14。
12. 王惠孚，等。500例汉族青少年皮纹学调查（初报）。锦州医学院学报　1980；3：11。
13. 周家美，等。仫佬族手纹形态分析。人类学学报。1984；3：141—147。
14. 金安鲁，等。云南省少数民族肤纹研究。遗传学报。1982；9：402—407。
15. 李崇高，等。630例正常学龄儿童手的皮纹学观察。遗传。1979；1（4）：7—9。
16. 李印宣，等。600例朝鲜族青少年皮纹正常值的测定。解剖学杂志。1986；9：217—220。
17. 吕承铭，等。900例佤族青少年的手纹研究。人类学学报。1987；6（2）：117—123。
18. 陈杨雷。浙江地区汉族300例手纹的分析研究。人类学学报。1983；2（3）：272。
19. 艾琼华，等。新疆伊犁地区五个民族的皮纹调查。遗传。1984；6（4）：30—33。
20. 章菊明，等。畲族皮纹研究。遗传。1985；7（4）：33—35。
21. 戴玉景，等。裕固族皮纹学初步研究。人类学学报。1987；6（2）：109—115。

（贾静涛）

第四章 指纹的遗传与变异

第一节 指纹型的遗传

按照人类学的分类方法，指纹的纹型分为三类六种亚型：弓型（平弓、帐弓）、箕型（正箕、反箕）和斗型（简斗、双箕斗）。这个分类不仅是人类学常用的方法，也是迄今为止指纹遗传学研究的重要标记。根据这一分类，人们研究亲子间指纹型遗传的相互关系；研究指纹在遗传过程中的变异现象；研究双生子指纹遗传的特点。并试图通过这些研究阐明指纹遗传的规律，为亲权鉴定和卵性诊断奠定理论的基础。

对于亲子间的指纹型进行比较，通常有 2 种主要方法：由亲代看子代和由子代看亲代。前者又有 3 种途径：由父看子女，由母看子女及由父母看子女；后者也有与上述相反的 3 个途径。这里，我们着重介绍由父母看子女这一途径，同时考虑双亲与子女同名指遗传的可能性较大，因而着重探讨双亲各种纹型组合时与子女对应手指指纹型的关系。

根据作者等所做的家系调查，双亲的各种指纹纹型组合可有如表 3—4—1 所示的 21 种形式，其中未查出 $A^S \times A^S$ 的组合家系。由表可见，双亲各种纹型组合时，其子女对应手指的指纹型出现率可有以下 2 种不同的情况。

一、双亲同型组合

双亲同型组合，子代的该型频率均升高，此种情况见于 $L^u \times L^u$，$W^s \times W^s$，$W^d \times W^d$。在同型升高的同时，还有以下几个现象值得注意：在 L^u 频率增加时，W^s 显著减少，但 W^d 却无明显变化；在 W^s 频率增加时，L^u 显著减少，但 W^d 及 L^r 却无显著变化；在 W^d 增加时，L^u 显著减少，但 W^s 却无明显变化或微有增加。A^t 或 L^r 的同型组合，由于例数过少，未便分析，但可以看出子代同型频率增高的趋势。特别在 L^r 同型组合时，子代 A^t 频率也有增加的倾向。由于食指的 L^r 出现率高，北川曾就食指的 L^r 出现情况进行了家系研究（表 3—4—2），发现双亲食指非 L^r（R_0）组合以及有 L^r（R）组合时，子女食指 R（L^r）的出现率有明显的差异。以 $R_0 \times R_0$ 时子代 R 的出现率为对照；双亲一方有 R 则子代 R 增加 1 倍，双方有 R 则增加 2 倍。双亲食指存在 R，不仅对子代的食指 R 频率有影响，也影响其他各指 R 的出现率。

双亲同型组合时，子女同指各种纹型出现率与手指别的关系见表 3—4—3。可见双亲同斗型组合时，子代的同指 W 纹型频率除中指外均有明显的升高，且以拇指、环指为最著。各指均无弓型纹显现。双亲同箕型组合时，子代的同指 L 型频率均有明显升高，尤

以小指为最著。同时并有弓形纹显现，其出现率在食指较高。

亲子同指同型纹间的相关关系如表 3—4—4 所示。其相关关系的显著程度，按相关系数的大小，为 W、L、A 或 R，均呈正相关关系。

表 3—4—1　　双亲各种纹型组合时的亲子同名指指纹型的相关

双亲组合	双亲指数（对）	A^s	A^t	L^u	L^r	W^s	W^d	子女指数（个）
$A^s \times A^s$	0							
$A^s \times A^t$	5	1	3	2	0	2	1	9
		(11.1)	(33.3)	(22.2)	(0)	(22.2)	(11.1)	
$A^s \times L^u$	73	17	10	91	8	14	8	148
		(11.5)	(6.8)	(61.5)	(5.4)	(9.5)	(5.4)	
$A^s \times L^r$	2	1	0	1	1	0	0	3
		(33.3)	(0)	(33.3)	(33.3)	(0)	(0)	
$A^s \times W^s$	51	8	4	44	1	38	7	102
		(7.8)	(3.9)	(43.1)	(1.0)	(37.3)	(6.9)	
$A^s \times W^d$	8	1	1	6	0	8	2	18
		(5.6)	(5.6)	(33.3)	(0)	(44.4)	(11.1)	
$A^t \times A^t$	3	0	2	2	0	0	0	4
		(0)	(50.0)	(50.0)	(0)	(0)	(0)	
$A^t \times L^u$	86	4	20	108	9	22	8	171
		(2.3)	(11.7)	(63.2)	(5.3)	(12.9)	(4.7)	
$A^t \times L^r$	9	1	2	4	3	3	1	14
		(7.1)	(14.2)	(28.6)	(21.4)	(21.4)	(7.1)	
$A^t \times W^s$	72	6	7	72	11	56	8	160
		(3.8)	(4.4)	(45.0)	(6.9)	(35.0)	(5.0)	
$A^t \times W^d$	18	0	6	14	1	8	3	32
		(0)	(18.8)	(43.8)	(3.1)	(25.0)	(9.4)	
$L^u \times L^u$	911	29	48	1 329	12	324	76	1 818
		(1.6)	(2.6)	(73.1)	(0.7)	(17.8)	(4.2)	
$L^u \times L^r$	69	2	14	55	15	36	7	129
		(1.6)	(10.9)	(42.6)	(11.6)	27.9	(5.4)	
$L^u \times W^s$	1 414	36	43	1 224	34	1 298	172	2 807
		(1.3)	(1.5)	(43.6)	(1.2)	(46.2)	(6.1)	

续表

双亲组合	双亲指数（对）	A^s	A^t	L^u	L^r	W^s	W^d	子女指数（个）
$L^u \times W^d$	186	5	6	211	2	104	40	368
		(1.4)	(1.6)	(57.3)	(0.5)	(28.3)	(10.9)	
$L^r \times L^r$	6	1	3	1	4	2	1	12
		(8.3)	(25.0)	(8.3)	(33.3)	(16.7)	(8.3)	
$L^r \times W^s$	77	3	6	46	18	73	6	152
		(2.0)	(4.0)	(30.3)	(11.8)	(48.0)	(4.0)	
$L^r \times W^d$	11	0	3	6	2	8	1	20
		(0)	(15.0)	(30.0)	(10.0)	(40.0)	(5.0)	
$W^s \times W^s$	863	9	8	341	23	1 270	82	1 733
		(0.5)	(0.5)	(19.7)	(1.3)	(73.3)	(4.7)	
$W^s \times W^d$	167	1	0	72	3	186	48	309
		(0.3)	(0)	(23.2)	(1.0)	(60.0)	(15.5)	
$W^d \times W^d$	19	2	0	5	0	15	8	30
		(6.7)	(0)	(16.7)	(0)	(50.0)	(26.7)	
合计	4 050	127	186	3 634	147	3 467	479	8 040
		(1.6)	(2.3)	(45.2)	(1.8)	(43.1)	(6.0)	
随机人群		1.7	2.4	45.1	2.0	43.2	5.6	16 140
($\bar{X} \pm$S. E.)		0.10	0.12	0.39	0.11	0.39	0.18	

（林子清，贾静涛　1989）

表 3—4—2　　双亲食指纹型组合与子代的 L^r 出现率（北川）

双亲	子女数	子女R%			R的个数（%）				
		子	女	平均	R_0	R_1	R_2	R_3	R_4
$R_0 \times R_0$	1 176	17.87	11.22	15.05	84.95	11.99	2.81	0.25	0
$R \times R_0$	496	34.25	27.59	31.65	68.35	22.58	7.86	1.01	0.20
$R_0 \times R$	350	29.79	30.86	30.29	69.71	20.00	9.71	0	0.58
$R \times R$	130	45.45	50.94	47.69	52.31	30.00	14.62	3.07	0

表 3—4—3　　父母同指同纹型所生子女的指纹型

指别		父	母	子女同指纹型（%）				指别		父	母	子女同指纹型（%）			
				人数	W	L	A					人数	W	L	A
右	1	W	W	41	83	17	0	右	1	L	L	50	28	72	0
	2	W	W	53	70	30	0		2	L	L	60	30	62	8
	3	W	W	14	57	43	0		3	L	L	92	24	75	1
	4	W	W	79	86	14	0		4	L	L	37	38	62	0
	5	W	W	36	72	28	0		5	L	L	82	12	88	0
左	1	W	W	39	67	33	0	左	1	L	L	38	32	66	2
	2	W	W	52	67	33	0		2	L	L	46	30	63	7
	3	W	W	65	52	48	0		3	L	L	88	20	77	3
	4	W	W	75	77	23	0		4	L	L	45	38	62	0
	5	W	W	12	75	25	0		5	L	L	126	15	85	0

（据久保忠夫原表换算）

表 3—4—4　　各种纹型的亲子相关

亲	子	相关系数（r）		
		久保	松倉	相关关系
W	W	+0.658	+0.462±0.021	正相关
W	L	−0.547	−0.394±0.022	负相关
L	L	+0.535	+0.402±0.022	正相关
L	W	−0.519	−0.409±0.022	负相关
A	A	+0.227	+0.386±0.023	正相关
L	A	+0.172	+0.158±0.026	正相关
A	L	+0.104	+0.288±0.024	正相关
A	W	−0.023	−0.250±0.025	负相关
W	A	−0.021	−0.202±0.025	负相关
R	R	(+0.382)	+0.258±0.025	正相关

二、双亲异型组合

1. 非同型组合时，子代的该两型频率均增加　此种情况见于 $A^s \times A^t$，$A^s \times L^u$，$A^t \times L^u$，$A^t \times L^r$，$A^t \times W^d$，$L^u \times W^d$ 和 $W^s \times W^d$。在两型频率增加的同时，也可看到同型组合时出现的现象：双亲一方有 L^u，则子代对应指的 W^s 频率显著减少；双亲一方有 W^s，则子代的 L^u 频率显著减少。

2. 非同型组合时，子代一型频率增加，另一型不变或减少　此种情况见于 $A^s \times W^s$，$A^t \times W^s$，$L^u \times L^r$，$L^r \times W^s$。如 $A^s \times W^s$ 组合，A^s 增加，W^s 减少；$A^t \times W^s$ 组合，A^t 及 L^r 增加，W^s 减少；$L^u \times L^r$ 组合，L^r 及 A^t 增加，L^u 无变化；$L^r \times W^s$ 组合，L^r 及 A^t 增加，W^s 变化不明显。

3. $L^u \times W^s$ 非同型组合　所有各型（包括 A^s、A^t、L^r、W^d）频率均无显著的变化。由子在 $L^u \times W^s$ 组观察的子代指数（2 784 个）占总观察指数的 35.1%，这在考虑亲子关系时是值得注意的。

总括以上各种现象，可以作出以下一些推想：

（1）指纹纹型是确有遗传性的，因为在大多数情况下，不论双亲是同型组合或异型组合，在子代该型的频率都有明显的增高。

（2）指纹的人类学分类（3 类 6 种亚型），每一种都表现出明确的遗传性，都是可以认识的遗传性状。

（3）指纹型的遗传并不像血型遗传那样单纯，即使是双亲同型组合，在子代也不是只表现为一种指纹型。即使是双亲都没有的指纹型，在子代也可以出现。观察亲子间对应指的指纹型有助于分析指纹的遗传性，但指纹的遗传效应并不只是反映在对应指上。表明指纹型的遗传是复杂的，是受多基因控制的。

（4）在正箕型纹与简斗型纹，不论双亲为同型组合或异型组合，只要子代 L^u 频率增加，W^s 频率必减少，反之则反是；而在双亲为 $L^u \times W^s$ 组合时，两者都未表现出频率增加，提示控制 L^u 及 W^s 遗传的因子有可能是互相对立的。

（5）正箕型纹与反箕型纹是箕型纹的两个亚型。在双亲对应指无弓形纹存在的前提下，凡子代有 L^u 频率增加，L^r 频率大都减少；子代有 L^r 频率增加，L^u 频率大都减少，提示控制二者遗传的因子也可能是对立的。其中控制 L^r 因子的作用好像更明显，因为在双亲为 $L^u \times L^r$ 组合的情况下，L^r 频率增高 5 倍，而 L^u 频率却无明显的变化。

（6）简斗型纹与双箕斗型纹是斗型纹的两个亚型，但二者间在遗传上并无明确的关联；反箕型纹与帐弓型纹是不同类的亚型，但在控制二者的因子间可有某种促进的作用；弓型纹（A^s 或 A^t）与 W^s 也是不同类的亚型，但在控制二者的因子间可有某种抑制的作用。

上述的种种事实表明，尽管人类学的指纹分类在一定程度上反映了指纹遗传的某些

规律，但它并不是建立在遗传规律基础上的分类。

（贾静涛　林子清）

第二节　双生子的指纹遗传

一、双生子的指纹型遗传

（一）指纹型的频率比较

通过双生子的指纹研究试图确认指纹的遗传性，很早就已为学者们所瞩目。1927 年，Gruneberg 及其后久保等都提出一卵双生儿比二卵双生儿及一般人群的指纹型有更显著的一致性。如在一卵双生儿同指同纹型的出现率为 80.0±2.03，二卵双生儿为 63.4±2.70，兄弟为 61.7±1.99，一般人群为 49.6±1.74。宋伟宏等（1987）曾就 50 对双生子 1 000 份指纹研究了双生子的指纹遗传，其结果如表 3—4—5。显示一卵双生子与二卵双生子间左右手各指纹型的对称性无明显差别；但指纹型在一卵双生子对间的一致率明显高于二卵双生子对间的一致率。久保（1939）还就双生子的同指同纹型频率与一般人群做了比较，其结果如表 3—4—6。

表 3—4—5　一卵双生子（MZ）与二卵双生子（DZ）间的指纹型频率比较（%）

卵性	例数或对数	拇指	食指	中指	环指	小指	平均
个体左右对称性（P>0.05）							
MZ	52 例	82.69	73.08	82.69	75.00	80.77	78.85
DZ	48 例	87.50	77.08	70.83	80.83	70.83	75.41
均值	100	85.00	75.00	77.00	73.00	76.00	77.20
对间的一致性（P<0.01）							
MZ	26 对	78.85	84.62	88.46	92.31	88.46	86.54
DZ	24 对	45.83	60.42	60.42	68.75	62.50	59.58

（宋伟宏等　1987）

表 3—4—6　双生子同指同纹型频率（%）

同纹型	一卵双生子	一般人群
弓型纹	42.86±10.80	2.86±0.31
箕型纹	73.70±2.18	46.04±1.33
斗型纹	60.25±3.86	18.29±0.80

（久保　1939）

（二）花纹强度指数与指纹系数的比较

1. 花纹强度指数（PII）　宋伟宏等就 50 对双生儿观察了不同性别的 PII 值，男性为

14.44±4.42，女性为13.82±4.32，无明显的性别差异。但就PII的相关系数比较，一卵双生子为0.94，二卵双生子为0.64，二者间有显著的差别（P<0.01）。

2. 指纹系数（FPC）　上述双生子群体男性FPC为57.64±34.52，女性为46.92±35.26，无明显的性别差异（P>0.10）。但就FPC的相关系数比较，一卵双生子为0.92，二卵双生子为0.64，二者间有明显的差别（P<0.01）。

（三）指纹三叉的比较

根据指纹三叉的内部结构及复杂程度可将其分为结合、分离、混合、空心、点棒、单一和复合三叉等类型，如图3—4—1所示。

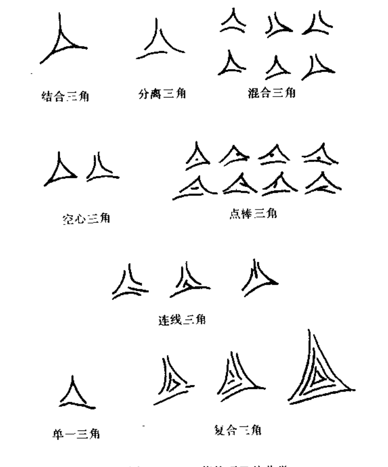


图3—4—1　指纹三叉的分类

（引自《新指纹学》）

按照上述三叉的分类进行比较，一卵双生子对间的完全一致率为86.59%，而二卵双生子对间的完全一致率为56.73%，前者明显高于后者（P<0.05）。

（四）指纹型的遗传度

遗传度（Heritability）是指遗传因素在基因表达中所起作用的比例，通常以百分比表示。指纹型的遗传度，就是衡量遗传因素在指纹型遗传过程中所起作用大小的尺度。一般在单基因遗传，性状的表现完全取决于遗传因素，环境因素未起作用，遗传度就是100%；如果性状的表现完全由环境因素影响所造成，其遗传度即为0。遗传度是研究多基因遗传的一项重要指标。

如今凡是主张指纹型有遗传性的，大都认为指纹型属于多基因遗传，因此常用遗传度来衡量遗传因素作用的大小。

计算遗传度的公式最早是由 Holzinger（1929）提出的，称为 Holzinger 公式（Holzinger's formula）。以 h^2 表示遗传度，C 代表一致率，则

$$h^2=\frac{C_{MZ}-C_{DZ}}{100-C_{DZ}}\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

按此公式计算宋伟宏的资料，其指纹型的遗传度为66.7%，指纹三叉遗传度为69%。

若结果为相关系数，则可依 Jensen 公式或 Holzinger 公式计算：

Jensen 公式

$$h^2=\frac{r_{mz}-r_{DZ}}{1-0.5}\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

Holzinger 公式

$$H=\frac{r_{mz}-r_{DZ}}{1-r_{DZ}}\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

按公式（2）计算宋伟宏等的资料，其花纹强度（PII）的遗传度为83.3%；按公式（3）为60%。其指纹系数的遗传度，按公式（2）为56%，按公式（3）为78%。

若结果为变异数（V）（对内方差），则可按下式求遗传度（Holzinger）：

$$H'=\frac{V_{DZ}-V_{MZ}}{V_{DZ}}\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

按前述资料，花纹强度的 V_{DZ} 为8.10，V_{MZ} 为0.88，其遗传度为89%。指纹系数的 V_{DZ} 为4.32，V_{MZ} 为0.88，其遗传度为80%。

由上述可见，不论指纹型、指纹三叉、花纹强度指数或指纹系数，均显示较高的遗传度。上述结果未按指纹分型研究其遗传度，据潘素英等（1985）报道，斗型纹的遗传度为72%，正箕型纹为67%，结果与前述一致。

二、双生子的纹线数遗传

（一）指纹纹线总数的遗传

指纹纹线总数（TFRC）是反映指纹花样大小的一项重要指标，其形成受遗传因素的

作用已受到了多数学者的支持。

宋伟宏等调查成都地区 50 对汉族正常双生子，查得一卵双生子个体的 TFRC 平均为 134.23±49.13，二卵双生子个体的 TFRC 平均为 118.44±42.18，二者间无明显差异（P>0.05）。男性与女性的 TFRC 平均为 132.96±51.46 及 114.00±40.20，男性明显高于女性（P<0.05）。100 例个体的 TFRC 平均为 127.14±46.23。

研究了双生子对应手指 TFRC 的相关系数与变异数，发现一卵双生子的相关系数为 0.99，显著高于二卵双生子的相关系数 0.64；一卵双生子的变异数为 19.73，显著低于二卵双生子的变异数 653.81。根据遗传度计算公式（2）、（3）、（4）计算，TFRC 的遗传度分别为 70%，97%及 97%。

Lin 等（1982）研究了双生子对应手指 TFRC 的相关系数如表 3—4—7。显示一卵、二卵双生子间以及同胞与随机人群间 TFRC 的相关系数有明显的差异。按遗传度公式（2）及（3）计算，其遗传度分别为，男性 38%及 63%，女性 34%及 57%。若与男+女 DZ 对比，则分别为 62%及 97%，这一结果与宋伟宏等是一致的，表明遗传因素在 TFRC 的遗传上起的作用较大。

表 3—4—7 双生子及对照组 TFRC 相关系数

检查对象	对数	指纹对数	相关系数*
MZ			
男性	61	529	0.89
女性	47	411	0.88
DZ			
男性	40	244	0.70
女性	44	262	0.71
男+女	4	17	0.57
同胞			
男性	10	49	0.49
女性	17	84	0.51
男+女	34	158	0.48
随机人群			
男性	52	263	0.38
女性	47	198	0.29
男+女	95	428	0.37

（二）绝对指纹纹线总数的遗传

据宋伟宏等的资料，一卵双生子个体与二卵双生子个体的绝对指纹纹线总数

(AFRC) 平均为 191.21±89.83 及 168.90±80.94。两者无明显差异 ($P>0.20$)。男性和女性的 AFRC 分别平均为 191.50±87.66 及 165.60±82.34，两者差异也无显著性 ($P>0.20$)。100 例个体的 AFRC 平均值为 180.32±85.57。

双生子对应手指 AFRC 的相关系数与变异数：在一卵双生儿为 0.99 (r)，101.65 (v)；在二卵双生儿为 0.63 (r)，2 484.19 (v)。其间有明显的差异 ($P<0.01$)。按遗传度公式 (2)、(3)、(4) 计算，其遗传度分别为 72%，97%及 96%。

AFRC 与 TFRC 两者之间的相关分析表明，二者间的关系密切 ($P<0.001$)，相关系数高达 0.94，即 AFRC 与 TFRC 呈正相关关系。TFRC 越大，AFRC 也越大。其回归公式为：

$$\hat{Y}\ (\mathrm{AFRC}) = 1.78x\ (\mathrm{TFRC}) - 41.89$$

（贾静涛）

第三节　指纹的遗传变异

指纹型的遗传可以完全反映双亲的纹型形态与结构，也可以只出现类似的纹型结构，或移行为其他纹型，这就是指纹的遗传变异 (genetic variation)。北条春光 (1937) 根据家系研究所发现的大量的指纹变异现象，首先将指纹变异的概念引入指纹的遗传学研究，并提出了指纹遗传的变异环学说。

家系研究发现平弓型纹与帐弓型纹，帐弓型纹与正箕和反箕型纹，正箕、反箕型纹与双箕斗或简斗型纹之间都可能发生相互移行或转化，其间可以产生一系列的变异形态。

指纹遗传变异说的基本内容是：指纹可由 A 指纹（如弓型纹）出发形成种种彼此相似但又有一定变化的纹型，直至变成 B 指纹（如箕型纹）。由 B 指纹出发，又形成种种彼此相似但又有一定变化的纹型，最终变为 C 指纹（如斗型纹）。这种由 A→B→C，或由 C→B→A，中间经过些微变化而彼此移行的现象，就是指纹的遗传变异现象。北条所提出的指纹遗传变异环模式图可有助于理解这一现象（图 3—4—2）。

北条根据百余例的家系调查提出指纹变异可能采取的形式有以下 6 种：(1) 类似变异；(2) 移行变异；(3) 复合变异或混合变异；(4) 分解变异或部分变异；(5) 消失变异；(6) 不明。其中 (1)、(2) 两型最为常见，其余则较为少见。复合纹型指的是子女的纹型反映了双亲两种纹型的特点，如同由双亲两种纹型的特点组合而成。分解变异指的是双亲的某一纹型在子代表现为两种纹型，如双亲的双箕斗型纹在子代（双手同指）分解为正箕和反箕两种纹型。如果父或母的双手同指为正箕和反箕，在子代同指出现双箕斗型纹，也是复合变异的一种形式。

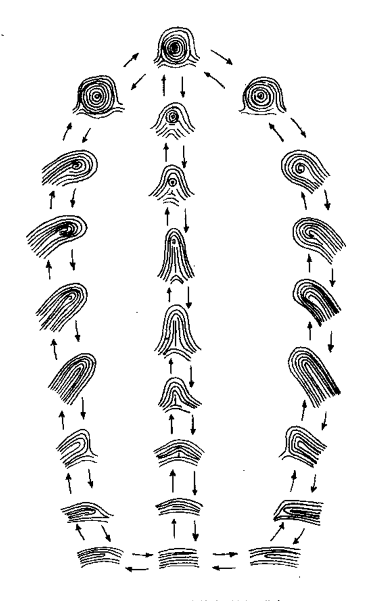


图 3—4—2　指纹遗传变异图（北条）

指纹遗传变异说可以解释不少指纹遗传现象，如：双亲无斗型纹，子女却有斗型纹；双亲无弓型纹，子女却有弓型纹；帐弓型纹与反箕型纹的频率常常同时增加；正箕型纹增加，简斗型纹减少或简斗型纹增加，正箕型纹减少。应当认为指纹的遗传变异是有环境等非遗传因素影响的，但也有遗传因素的控制。正箕型纹与简斗型纹是最常见的两种纹型，在遗传变异环上二者可以相互移行，但在控制 L^u 的因子作用下，只有 L^u 频率增加，W^s 频率减少（向 L^u 移行）；在控制 W^s 因子作用下，只有 W^s 频率增加，L^u 频率减少（向 W^s 移行）。这种频率的增加与减少都有一定的限度，不论在亲子遗传中或群体分布上都比较恒定，如果不是由于遗传因素的控制是不易理解的。

有人认为在弓、箕、斗型纹三种指纹类型中，很可能弓型纹是指纹发育分化中最早形成的一种祖先类型，它形成于表皮嵴分化的早期，在一般情况下，它将进一步分化发育成箕纹或斗纹。在很少情况下，可能由于某一调控系统的差异或抑制，使得弓型不再进一步分化发育，而停留在这种祖先类型上。因为弓型纹是祖先类型，故受遗传因素的影响最大，所以遗传度较高，而斗、箕纹是由于分化发育周期长，受环境等其他非遗传因素影响的机会增高，因此遗传度显示较小。

这种提法的要点是承认指纹变异，但这种变异是单向发展，主要受遗传因素控制的是弓形纹，其他箕、斗型纹则主要受非遗传因素的影响。这一设想是与家系研究中观察到的指纹变异环现象不符的，与双生子研究中观察到的指纹型遗传度较高现象也是不符的。并且很难借以解释前面所说的诸多指纹遗传现象。

最后，由指纹的遗传变异现象可以引申出以下 3 点值得注意的观点：

（1）我们所见到的指纹都是在一种变异环上经历了相互移行、变化阶段而来的一个片断。

（2）我们所说的指纹“种类”，并不是在生物学上完全独立或对立的另一种，而是相互间可以追迹，互有联系的。

（3）由遗传而来的纹型变异，并不是由甲到丙的突然飞跃，而是由甲经乙到丙，或由乙经丙到丁的移行变异。

（贾静涛）

参考文献

1. 林子清，贾静涛。指纹型的遗传研究。待发表。
2. 北川道安。甲種蹄状紋の遺伝に関する研究。犯罪學雜誌。
3. 潘素英等。人类指端纹型遗传特点的初步探讨。遗传与疾病。1985；2（4）：231。
4. 宋伟宏等。指纹遗传的双生子研究，I．指纹嵴数的研究。遗传学报。1987；14（5）：404—411。
5. 宋伟宏等。指纹遗传的双生子研究，I．指纹纹型的研究。遗传学报。1987；14（6）：475—480
6. Lin CH, et al. Fingerprint comparison. 1: similarity of fingerprints. J Forens Sci JFSCA. 1982; 27 (2): 290—304.
7. Levitan M, Montagu A. Textbook of human genetics. 2nd ed., N. Y: Oxford Univ Press. 1977: 521—523.
8. 久保忠夫。指紋型上位遺伝説に就て。犯罪学雑誌。1939；13（3）：171。
9. 北条春光。指紋の遺伝による変異型の追跡。犯罪学雑誌。1937；11（1）：19。

第五章 指纹遗传学在亲子鉴定中的应用

第一节 生物学指纹价学说及其应用

一、双重环状变异与生物学指纹价

（一）双重环状变异

在北条的指纹变异环学说基础上，松倉（1952）进一步研究了指纹的变异现象，并提出双重环状变异和生物学指纹价学说，试图打开指纹遗传学在亲子鉴定中应用的大门。

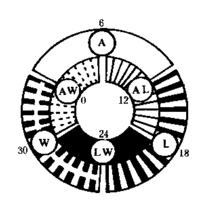


图 3—5—1 指纹变异的双重环模式图（松倉）

松倉以通常的三个指纹基本型为基础，即弓型纹（A）、箕型纹（L）、斗型纹（W）三型，根据指纹变异的现象，在每两种基本型之间，各设置一个中间的移行型：弓箕型纹（AL）、箕斗型纹（LW）和弓斗型纹（AW）。这相互移行的 6 型，其移行过程为 A→AL→L→LW→W→AW→A。其移行过程可用双重环状变异模式图表示（图 3—5—1）。

松倉认为这种指纹的环状变异是一种生物学的现象，是受一种使指纹乳头线屈曲的力（屈曲因子）作用的结果。如果屈曲的力大，则指纹向 A→AL→L→LW→W 的方向变异；若屈曲的力小，则指纹向 W→LW→L→AL→A 的方向变异。

（二）生物学的指纹价

生物学的指纹价（biological value of fingerprint，b. v.）是对指纹的 6 种基本型与中间型赋值，取 10 指所赋数值之和，即为生物学指纹价。

赋值时，以 A 与 W 交界处（即 AW 的中央值）为 0，以下向右转，取各型在图中所占位置的角度的中心点所处角度的 1/10 做为该型的数值，即：A=6，AL=12，L=18，LW=24，W=30，AW=0。所赋各值称为指纹单位（unit of finger prints）。

b. v. 值在理论上由 0 至 300 以 6 为间隔可以分为 51 个阶段。b. v. 为 0 时，十指

全是 AW，b. v. 为 300 时，十指全部为 W。b. v. 值越大，表示 W 越多；其值越小，A 和 L 越多，W 越少。

由于各纹型的出现率不同，因而 b. v. 在 51 个阶段的分布也不均匀。在一般人群中，以 b. v. 值为 300 阶段的频率最高，b. v. 值为 60 以下阶段的频率为 0（表 3—5—1）。

一个 b. v. 值所代表的纹型组合通常是一定的，仅有极少数出现另外的组合（表 3—5—2）。

表 3—5—1　　b. v. 的一般人群分布

b. v.	人数	%	b. v.	人数	%
60	1	0.06	192	87	5.24
78	1	0.06	198	51	3.07
84	1	0.06	204	84	5.06
90	2	0.12	210	59	3.55
96	4	0.24	216	81	4.88
102	2	0.12	222	76	4.58
108	4	0.24	228	69	4.16
114	2	0.12	234	71	4.28
120	3	0.18	240	78	4.70
126	6	0.36	246	58	3.49
132	4	0.24	252	77	4.64
138	2	0.12	258	62	3.74
144	4	0.24	264	57	3.43
150	9	0.54	270	71	4.28
156	10	0.60	276	84	5.06
162	17	1.02	282	64	3.86
168	23	1.39	288	73	4.40
174	56	3.37	294	65	3.92
180	80	4.83	300	99	5.96
186	62	3.74			
合计				1 660	

（林子清，贾静涛）

表 3—5—2　　各种 b. v. 值的主要纹型构成

b. v.	主要构成	所占比例		b. v.	主要构成	所占比例	
162	AL_3L_7	38.5	69.3	228	L_5LW_2W3	41.7	82.0
	$A_1AL_1L_8$	15.4			L_6W_4	40.3	
	$A_2L_7LW_1$	15.4					
168	A_1L_9	41.2	76.5	234	$L_5LW_1W_4$	54.8	82.2
	AL_2L_8	35.3			$L_4LW_3W_3$	27.4	
174	AL_1L_9	59.5	75.7	240	$L_4LW_2W_4$	48.3	82.8
	$A_1L_8LW_1$	8.1			L_5W_5	34.5	
	$A_2L_6LW_1W_1$	8.1					
180	L_{10}	77.7	88.8	246	$L_4LW_1W_5$	60.3	87.3
	$AL_1L_8LW_1$	11.1			$L_3LW_3W_4$	27.0	
186	L_9LW_1	68.5	79.0	252	$L_3LW_2W_5$	54.3	88.2
	$AL_1L_8W_1$	10.5			L_4W_6	33.9	
192	L_9W_1	48.6	85.0	258	$L_3LW_1W_6$	58.0	92.0
	L_8LW_2	36.4			$L_2LW_3W_5$	34.0	
198	$L_8LW_1W_1$	68.1	90.8	264	$L_2LW_2W_6$	44.2	85.2
	$AL_1L_7W_2$	10.6			L_3W_7	41.0	
	L_7LW_3	12.1					
204	L_8W_2	53.3	83.2	270	$L_2LW_1W_7$	64.3	90.5
	$L_7LW_2W_1$	29.9			$L_1LW_3W_6$	26.2	
210	$L_7LW_1W_2$	59.7	77.5	276	L_2W_8	48.2	85.8
	$L_6LW_3W_1$	17.8			$L_2LW_2W_7$	37.6	
216	L_7W_3	46.2	91.2	282	$L_1LW_1W_8$	81.2	100.00
	$L_6LW_2W_2$	33.8			LW_3W_7	18.8	
	$L_5LW_4W_1$	11.2					
222	$L_6LW_1W_3$	52.5	76.9	288	L_1W_9	61.0	100.00
	$L_5LW_3W_2$	24.4			LW_2W_5	39.0	
				294	LW_1W_9	100.00	
				300	W_{10}	100.00	

（松仓）

二、生物学指纹价的亲子关系

以 A 表示子女 b. v. 值全部位于双亲 b. v. 值范围之内的家系，以 B 表示部分子女 b. v. 值位于双亲 b. v. 值范围之内，另一部分子女位于双亲 b. v. 值之外的家系，以 C 代表全部子女的 b. v. 值都位于双亲 b. v. 值范围之外的家系。调查 330 家（子女 690 人）的结果为：

A………………111 家，占 33.6%

B………………106 家，占 32.2%

C··················113 家，占 34.2%

三组各占 1/3，属随机分布。按子女的 b. v. 值是否位于双亲 b. v. 值范围之内计算，则位于双亲范围之内的子女占 50.2%，位于双亲范围之外的子女占 49.8%，二者各占 1/2，属随机分布。即子女的 b. v. 值是否出现于双亲范围之内属随机分布，无任何遗传学意义。

但如从两亲 b. v. 差值的大小来看子女的 b. v. 值是否处于两亲之间，则发现有意义的结果（表 3—5—3）：两亲的 b. v. 差值越大，子女的 b. v. 值处于双亲 b. v. 值范围之内的家族数逐渐增多，而所有子女 b. v. 值都位于双亲 b. v. 值范围之外的家族数减少。

表 3—5—3　　b. v. 值的亲子关系

双亲 b. v. 差值	家系（　家）(%)			家系数
	A	B	C	
0—20	13.2	21.7	65.1	106
21—40	29.4	32.4	38.2	102
41—60	43.4	31.3	25.3	83
61—80	61.9	19.1	19.1	42
81—100	64.7	20.6	14.7	34
101—	82.2	13.3	4.5	45
合计				412

（林子清，贾静涛）

三、四对显性等位基因遗传假说

为了解释 b. v. 的遗传现象，松倉提出了“四对等位基因遗传”假说。该假说的内容主要有如下几点：

1. 支配 b. v. 遗传的基因为 4 对等位基因　Aa、Bb、Cc、Dd，其中 A、B、C、D 为显性基因，a、b、c、d 为隐性基因。

2. 显性基因决定着指纹纹线的屈曲程度　显性基因缺如时纹线不屈曲，指纹为弓型纹。随着显性基因数的增加，纹线的屈曲程度随之增加，b. v. 值增大，指纹由弓型变为箕型，最后变为斗型。

3. 基因型　这四对等位基因可以有 81 种组合。按每种组合中显性基因数的多少可以分为 9 种，即有 9 种基因型。各型如下：

0 基因型：aabbccdd　1 组，无显性基因；

1 基因型：Aabbccdd 以下共 4 组，只有一个显性基因；

2 基因型：AaBbccdd 以下共 10 组，有 2 个显性基因；

3 基因型：AaBbCcdd 以下共 16 组，有 3 个显性基因；

4 基因型：AaBbCcDd 以下共 19 组，有 4 个显性基因；

5 基因型：AABbCcDd 以下共 16 组，有 5 个显性基因；

6 基因型：AABBCcDd 以下共 10 组，有 6 个显性基因；

7 基因型：AABBCCDd 以下共 4 组，有 7 个显性基因；

8 基因型：AABBCCDD 1 组，全部为显性基因。

这 9 种基因型的理论频度为 1∶8∶28∶56∶70∶56∶28∶8∶1。

4. 基因型与表现型的关系 根据不同 b. v. 值所代表的主要指纹构成内容可以了解总体的纹线屈曲程度，结合上述 9 种基因型的组成，将 b. v. 划分为 9 种表现型。基因型与表现型的关系如表 3—5—4 所示。

经检验证明，按上述原则划分的表现型和基因型，在日本人中的观测值与理论值基本一致（P=0.1—0.05），在我国汉族人群中不完全一致，表现为第 3、5 基因型频度比理论值低，第 6 基因型频率比理论值高（$p<0.05$）（表 3—5—5）。

表 3—5—4 b. v. 遗传的基因型与表现型的关系

b. v.（表现型）	基因型	说明
96 以下	0	纹线几乎无屈曲，纹型全部为 A 或 AL，偶有少数 L；
102—162	1	纹线屈曲程度增加，含 L 可达 70—80%；
168—180	2	纹型 90—100%为 L，无屈曲者极少；
186—204	3	80%呈箕型，20%更屈曲成 W 或 LW；
210—240	4	L 占 50—80%，LW 和 W 增加，W 达 50%，即 L、W 各半；
246—270	5	L 减至 50%以下，LW 和 W 增加，W 高达 80%；
276—294	6	L 减至 20%以下，W 达 80%，或 W+LW 达 90%；
300	7	全部为斗型屈曲，W 达 100%；
0	8	达到屈曲极限则相反向弓型移行，全部为 AW。

表 3—5—5 b. v. 各种基因型的频率（%）

基因型	日本人群观察值	理论值	中国汉族观察值
0	0.37	0.39	0.73
1	3.44	3.13	3.03
2	10.55	10.94	9.59
3	20.16	21.88	18.69
4	30.17	27.34	26.21
5	20.16	21.88	18.81
6	12.15	10.94	16.63
7	3.07	3.13	6.31
8	0	0.39	0

四、生物学指纹价的亲子间遗传法则

根据双亲的各种基因型组合可以从理论上推导出子女基因型的出现范围（表 3—5—6）。松倉称之为 b. v. 的亲子间遗传法则。根据这一法则，依 Bayes 定理可以求得父权肯定机率如表 3—5—7。

表 3—5—6　　b. v. 值及 TFRC 的遗传关系

双亲基因型	子女基因型		双亲基因型	子女基因型	
	可能生	不可能生		可能生	不可能生
0×0	0	1—8	2×8	4—6	0—3，7，8
0×1	0—1	2—8	3×3	0—6	7，8
0×2	0—2	3—8	3×4	0—7	8
0×3	0—3	4—8	3×5	1—7	0，8
0×4	0—4	5—8	3×6	2—7	0，1，8
0×5	1—4	0，5—8	3×7	3—7	0—2，8
0×6	2—4	0，1，5—8	3×8	4—7	0—3，8
0×7	3—4	0—2，5—8	4×4	0—8	无
0×8	4	0—3，5—8	4×5	1—8	0
1×1	0—2	3—8	4×6	2—8	0，1
1×2	0—3	4—8	4×7	3—8	0—2
1×3	0—4	5—8	4×8	4—8	0—3
1×4	0—5	6—8	5×5	2—8	0，1
1×5	1—5	0，6—8	5×6	3—8	0—2
1×6	2—5	0，1，6—8	5×7	4—8	0—3
1×7	3—5	0—2，6—8	5×8	5—8	0—4
1×8	4—5	0—3，6—8	6×6	4—8	0—3
2×2	0—4	5—8	6×7	5—8	0—4
2×3	0—5	6—8	6×8	6—8	0—5
2×4	0—6	7，8	7×7	6—8	0—5
2×5	1—6	0，7，8	7×8	7—8	0—6
2×6	2—6	0，1，7，8	8×8	8	0—7
2×7	3—6	0—2，7，8		全部共 45 组	

（松倉，1952）

表 3—5—7　　b. v. 值及 TFRC 的父权肯定机率

基因型		被控男基因型								
母	子	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0.90876	0.83278	0.68096	0.41570	0.12460				
	1		0.63118	0.66168	0.59462	0.43892	0.19645			
	2			0.34915	0.51758	0.56284	0.51758	0.34915		
	3				0.19645	0.43893	0.59462	0.66168	0.63118	
	4					0.12460	0.41570	0.68096	0.83278	0.90876
1	0	0.91033	0.83542	0.68508	0.42032	0.12662				
	1	0.73260	0.73260	0.68281	0.57803	0.39953	0.16365			
	2		0.43461	0.54709	0.56855	0.53316	0.43461	0.24780		
	3			0.24780	0.43461	0.53316	0.56855	0.54709	0.43461	
	4				0.16365	0.39953	0.57803	0.68281	0.73260	0.73260
	5					0.12662	0.42032	0.68508	0.83542	0.91033
2	0	0.91032	0.83540	0.68507	0.42037	0.12660				
	1	0.84552	0.79005	0.70112	0.55959	0.35372	0.12789			
	2	0.46654	0.61587	0.63065	0.58961	0.49882	0.35122	0.15783		
	3		0.24852	0.43050	0.52076	0.54741	0.52076	0.43050	0.24852	
	4			0.15783	0.35122	0.49882	0.58961	0.63065	0.61587	0.46654
	5				0.12789	0.35372	0.55959	0.70112	0.79005	0.84552
	6					0.12660	0.42037	0.68507	0.83540	0.91032
3	0	0.91121	0.83689	0.68747	0.42289	0.12782				
	1	0.89161	0.82754	0.71800	0.54024	0.30114	0.08916			
	2	0.72015	0.72015	0.67885	0.59523	0.45816	0.26879	0.08419		
	3	0.19693	0.46187	0.54722	0.56449	0.53543	0.45675	0.31291	0.10921	
	4		0.10921	0.31291	0.45675	0.53543	0.56449	0.54722	0.46187	0.19693
	5			0.08419	0.26879	0.45816	0.59523	0.67885	0.72015	0.72015
	6				0.08916	0.30114	0.54024	0.71800	0.82754	0.89161
	7					0.12782	0.42289	0.68747	0.83689	0.91121
4	0	0.91193	0.83803	0.68919	0.42500	0.12658				
	1	0.91637	0.85340	0.73256	0.51836	0.23841	0.04662			
	2	0.83986	0.79114	0.71322	0.58950	0.40570	0.18629	0.03026		
	3	0.49516	0.61447	0.62706	0.59026	0.50905	0.37667	0.19691	0.02973	
	4	0.04421	0.28214	0.44114	0.52075	0.54454	0.52075	0.44114	0.28214	0.04421
	5		0.02973	0.19691	0.37667	0.50905	0.59026	0.62706	0.61447	0.49516

续表

基因型		被控男基因型								
母	子	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	6			0.03026	0.18629	0.40570	0.58950	0.71322	0.79114	0.83986
4	7				0.04662	0.23841	0.51836	0.73256	0.85340	0.91637
	8					0.12658	0.42500	0.68919	0.83803	0.91193
	1	0.91121	0.83689	0.68747	0.42289	0.12782				
	2	0.89161	0.82754	0.71800	0.54024	0.30114	0.08916			
	3	0.72015	0.72015	0.67885	0.59523	0.45816	0.26879	0.08419		
5	4	0.19693	0.46187	0.54722	0.56449	0.53543	0.45675	0.31291	0.10921	
	5		0.10921	0.31291	0.45675	0.53543	0.56449	0.54722	0.46187	0.19693
	6			0.08419	0.26879	0.45816	0.59523	0.67885	0.72015	0.72015
	7				0.08916	0.30114	0.54024	0.71800	0.82754	0.89161
	8					0.12782	0.42289	0.68747	0.83689	0.91121
	2	0.91032	0.83540	0.68507	0.42037	0.12660				
	3	0.84552	0.79005	0.70112	0.55959	0.35372	0.12789			
	4	0.46654	0.61587	0.63065	0.58961	0.49882	0.35122	0.15783		
6	5		0.24852	0.43050	0.52076	0.54741	0.52076	0.43050	0.24852	
	6			0.15783	0.35122	0.49882	0.58961	0.63065	0.61587	0.46654
	7				0.12789	0.35372	0.55959	0.70112	0.79005	0.84552
	8					0.12660	0.42037	0.68507	0.83540	0.91032
	3	0.91033	0.83542	0.68508	0.42032	0.12662				
	4	0.73260	0.73260	0.68281	0.57803	0.39953	0.16365			
7	5		0.43461	0.54709	0.56855	0.53316	0.43461	0.24780		
	6			0.24780	0.43461	0.53316	0.56855	0.54709	0.43461	
	7				0.16365	0.39953	0.57803	0.68281	0.73260	0.73260
	8					0.12662	0.42032	0.68508	0.83542	0.91033
	4	0.90876	0.83278	0.68096	0.41570	0.12460				
	5		0.63118	0.66168	0.59462	0.43893	0.19645			
8	6			0.34915	0.51758	0.56284	0.51758	0.34915		
	7				0.19645	0.43893	0.59462	0.66168	0.63118	
	8					0.12460	0.41570	0.68096	0.83278	0.90876

(Furuya, Shintaku 1976)

五、生物学指纹价遗传法则应用于亲权鉴定的可能性

b. v. 遗传法则从理论上可以排除亲权关系，但不能肯定亲权关系。1976 年 Furuya，

Shintaku 计算了 b. v. 值与 TFRC 值的父权肯定机率。其最高机率为 0.91637，相当于母、子、男基因型分别为 4、1、0。

按照 Hummel 父权肯定机率的判断标准，0.950—0.900 可判断为"像父亲"，因此应用 b. v. 值确定亲权如不能排除，其最佳效果可以判断为"像父亲"。

为了确定 b. v. 遗传法则在亲权鉴定中的可信性，自从该法则提出后，许多学者对之进行了检验，主要结果如下：

(1) 松倉用 329 个家系进行检验，结果有一个家系不符（占 0.34%）；子女 691 人，有一人不符合（占全部子女的 0.15%）。

(2) 古屋（1958）调查 350 个家系，753 个子女，结果完全符合遗传法则。但米村（1981）用同一材料进行检验，发现有 5 个子女不符合，不符合率为 0.70%。

(3) 平岩等（1983）调查了 40 个家系，子女 74 人，结果有一个家系的 2 个子女不符合，不符合率为 2.70%；对波利尼西亚土著居民进行调查（1982），结果多数家系的子女不符合。

(4) 林于清，贾静涛（1986）用我国汉族 412 个家系（子女 838 人）的材料进行检验，结果有 17 个家系（占 4.13%）的 19 个子女（占 2.27%）不符合。

六、应用举例

1. 对父、母、子的指纹进行分类

分　类

		拇指	食指	中指	环指	小指
父	右手	L	L	L	L	L
	左手	L	L	L	L	L
母	右手	A	A	A	A	AL
	左手	L	A	AL	A	L
子	右手	A	L	L	L	L
	左手	A	A	A	L	L

2. 计算三人的 b. v. 及基因型：

父：b. v. =18+18+18+18+18+18+18+18+18+18=180

基因型=2

母：b. v. =6+6+6+6+12+18+6+12+6+18=96

基因型=0

子：b. v. =6+18+18+18+18+6+6+6+18+18=132

基因型=1

3. 判断：

双亲的基因型为 0×2 时，所生子女基因型的理论范围为 0—2。本例子女的基因型为 1，在理论范围之内，因而不能排除该子女与这对夫妻的亲权关系。

4. 父权肯定机率：

查表 3—5—7，依母基因型为 0，男基因型为 2，查得子基因型为 1 的父权肯定机率为 0.66168，不能得出肯定或否定亲权的结论。

（林子清）

第二节　指纹遗传的亲近度 I

指纹遗传的亲近度 I（intimate dgree I，I. D. I）是由林子清等（1988）提出的一个指标，用以表示指纹型在亲子间的相关程度，并试图用于亲子鉴定。提出这一指标的主要依据是我们所观察到的遗传现象：双亲中某种纹型的频率高，子代的相应纹型便增多；双亲某种纹型频率低时，子代的相应纹型频率也减少。

一、双亲指纹型的频度

本法按人类学的分类将指纹分为 5 类：A、L^u、L^r、W^s 和 W^d。

双亲共有 20 个手指，依每种纹型在一对双亲中可能出现的指头数分为 0—20，共 21 个组。然后就作者等调查的 405 个汉族家系（父母 810 人，子女 802 人）确定其双亲指纹型，分析 5 种指纹型在双亲 20 个手指中的分布情况如表 3—5—8。

表 3—5—8　双亲指纹型频度的分组

指头数	双亲指纹型（%）				
	W^s	L^u	A	L^r	W^d
0	3.5	1.2	66.2	69.1	45.4
1	2.7	1.7	15.6	22.0	25.7
2	3.0	3.0	9.6	6.2	16.8
3	5.9	6.2	3.2	1.5	5.9
4	4.7	4.4	0.7	0.7	3.5
5	6.4	5.7	0.7	0.3	1.7
6	5.9	7.2	0.5	0.3	0.7
7	9.4	8.2	1.0	0	0.3
8	3.4	8.6	1.2	0	0
9	9.1	9.6	0.5	0	0
10	7.7	9.1	6.7	0	0

续表

指头数	双亲指纹型（%）				
	W^s	L^u	A	L^r	W^d
11	6.7	5.7	0	0	0
12	4.7	7.2	0	0	0
13	5.7	5.4	0	0	0
14	4.9	3.5	0	0	0
15	3.2	4.2	0	0	0
16	3.5	5.2	0	0	0
17	1.2	2.7	0	0	0
18	1.7	1.2	0	0	0
19	1.2	0	0	0	0
20	0.5	0	0	0	0

二、亚型的划分及双亲的亚型频率

依双亲各种指纹型分布的指头数划分亚型。W^s 及 L^u 分布的组数多，划分为 0—6 共 7 个亚型，A 及 W^d 分布的组数少，划分为 0—4 共 5 个亚型，L^r 分布的组数最少，划分为 0—3 共 4 个亚型。亚型划分的标准如表 3—5—9。0 亚型意味着双亲 20 个手指都没有该纹型，亚型越高，该纹型在双亲中分布的指头数越多。

表 3—5—9　　不同纹型的亚型划分标准

指纹型	亚型						
	0	1	2	3	4	5	6
W^s	0	1—3	4—6	7—10	11—13	14—16	17—
L^u	0	1—4	5—7	8—10	11—14	15—17	18—
A	0	1	2	3—6	7—	—	—
W^d	0	1	2	3—4	5—	—	—
L^r	0	1	2	3—	—	—	—

注：表中数值为双亲各型指纹分布的指头数

然后按每个亚型所包括的组数累积双亲指纹型的频率如表 3—5—10。由表可见，W^s 和 L^u 的双亲以第 3 亚型的频率为最高，呈正态分布；其余 3 种指纹型，均以 0 亚型为最高，近似泊松分布（Poisson distribution）。

表 3—5—10　　双亲各亚型的频率（%）

指纹型	亚型						
	0	1	2	3	4	5	6
W^s	3.5	11.6	17.0	34.6	17.1	11.6	4.6
L^u	1.2	15.3	21.1	27.3	21.8	12.1	1.2
A	66.2	15.6	9.6	5.1	3.4	—	—
W^d	45.4	25.7	16.8	9.4	2.7	—	—
L^r	69.1	22.0	6.2	2.8	—	—	—

三、一般人群的亚型频率

以父母共 810 人为一般人群，作为对照组。根据表 3—5—9 的标准对每个人 10 个手指的各型指纹进行亚型分类，W^s 和 L^u 只能分出 0—3 共 4 个亚型，其余各型无变化。各亚型的一般人群频率如表 3—5—11 所示。

表 3—5—11　　一般人群的各亚型频率（%）

指纹型	亚型				
	0	1	2	3	4
W^s	14.7	30.3	25.7	29.2	—
L^u	11.3	39.0	30.2	19.5	—
A	81.0	10.6	4.4	2.8	1.2
W^d	66.1	20.6	7.9	4.5	0.9
L^r	83.7	13.0	2.9	0.5	—

四、子女的亚型频率

按表 3－5－9 的标准将子女每个人的 10 指各种纹型进行亚型分类，计算出子女的各亚型频率。然后按其双亲的亚型进行归类如表 3－5－12。由表及图 3－5－2 可见，子女的亚型频率随双亲亚型的级别升高而有所变化，这种变化因各种纹型是否呈正态分布而略有不同。呈正态分布的 W^s 及 L^u 型，子女的 0 亚型频率随双亲亚型级别的升高而逐次下降，但其第 3 亚型的频率，则随双亲亚型级别的升高而逐次升高。非正态分布的 A、L^r 及 W^d 型，其子女 0 亚型频率也随双亲亚型级别的升高而逐次下降，但随双亲亚型级别的升高，其频率逐次有明显升高的并不是这些纹型的最高级别，在 A 型是 1 亚型，在 L^r 和 W^d 型是 2 亚型。上述动态变化表明，子女的各种纹型出现率，随双亲 20 个手指中相应纹型指头数的增加而升高，显示亲子间的密切的遗传关系。由图 3－5－2 还可以看出，W^s 与 L^u 型曲线的陡度都比其余 3 型明显，显示更为密切的遗传关系。但由表3－5－12也可以看到，双亲无某种纹型，其子女可出现某种纹型，双亲有某种纹型，其子女可无该种

纹型，显示指纹遗传的复杂性。

表 3－5－12　　各亚型的双亲所生子女各亚型的分布（%）

双亲	子			女		亚		型		
亚型	W^s	%	L^u	%	A	%	L^r	%	W^d	%
	0	65.0	0	50.0	0	88.7	0	88.1	0	70.0
	1	26.0	1	25.0	1	8.0	1	10.3	1	18.0
0	2	9.0	2	25.0	2	1.8	2	1.6	2	7.0
	3	0	3	0	3	1.6	3	0	3	4.0
					4	0			4	1.0
	0	34.8	0	30.7	0	73.5	0	77.1	0	62.7
	1	43.5	1	52.0	1	13.2	1	18.9	1	26.4
1	2	18.5	2	11.8	2	4.4	2	3.4	2	7.3
	3	3.3	3	5.5	3	7.4	3	0.6	3	3.1
					4	1.5			4	0.5
	0	18.0	0	13.8	0	63.1	0	77.8	0	57.1
	1	44.0	1	53.8	1	19.1	1	11.1	1	25.6
2	2	23.0	2	23.8	2	8.3	2	8.9	2	7.5
	3	14.0	3	8.8	3	6.0	3	2.2	3	8.3
					4	3.6			4	1.5
	0	14.0	0	5.6	0	59.5	0	63.6	0	60.9
	1	31.0	1	44.2	1	19.1	1	18.2	1	15.9
3	2	28.0	2	33.3	2	14.3	2	18.2	2	10.2
	3	26.0	3	16.9	3	7.1	3	0	3	8.7
					4	0			4	2.9
	0	4.0	0	3.5	0	42.3		---	0	42.9
	1	24.0	1	30.4	1	38.5		---	1	14.3
4	2	32.0	2	43.9	2	0		---	2	28.6
	3	40.0	3	22.2	3	15.4		---	3	14.3
					4	3.9		---	4	0
5	0	1.0	0	1.1		---		---		---

续表

双亲亚型	W^s	%	L^u	子女亚型 %	A	%	L^r	%	W^d	%
5	1	11.0	1	13.7		---		---		---
	2	20.0	2	35.8		---		---		---
	3	67.0	3	49.5		---		---		---
6	0	0	0	0		---		---		---
	1	7.7	1	20.0		---		---		---
	2	30.8	2	10.0		---		---		---
	3	61.5	3	70.0		---		---		---

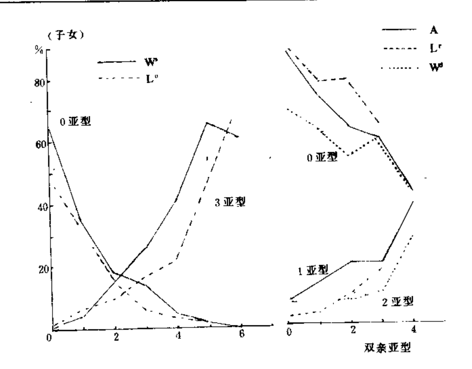


图 3—5—2　子女亚型频率与双亲亚型的相关

五、子女亚型频率与假定家族的对比

假定家族是指每个家庭中的父母是真实的，子女却是随机分布的。其建立的方法是：以实际家族的真实父母为假定家族的父母，对实际家族中的子女进行编号，然后依实际的每个家族中的子女人数，参照随机数字表，将编号的子女分别分配到每个家族中，如此共建立 405 个家族。

按亚型的划分标准，将假定家族子女每个人 10 指的各种纹型进行亚型分类，计算出

各亚型频率，再如表 3－5－12 一样按其假定双亲的亚型进行归类如表 3－5－13。

由表可见，假定家族中的子女亚型频率，基本上都与一般人群的亚型频率（表 3－5－11)相似，不论双亲的亚型级别升高或降下，子女的各纹型亚型频率都未显示动态的变化。

表 3－5－13　　假定家族的各亚型双亲所对应子女各亚型的分布（%）

双亲	子女亚型									
亚型	W^a	%	L^u	%	A	%	L^r	%	W^d	%
0	0	17.4	0	0	0	78.6	0	86.1	0	61.6
	1	30.4	1	44.4	1	11.1	1	11.3	1	25.6
	2	26.1	2	22.2	2	4.2	2	2.4	2	7.6
	3	26.1	3	33.3	3	5.0	3	0.2	3	4.7
					4	1.2			4	0.6
1	0	18.5	0	10.8	0	83.5	0	81.7	0	61.8
	1	26.1	1	36.7	1	9.9	1	14.7	1	22.4
	2	35.9	2	31.7	2	3.3	2	3.7	2	8.9
	3	19.6	3	20.9	3	3.3	3	0	3	6.5
					4	0			4	0.4
2	0	18.5	0	8.2	0	75.0	0	87.1	0	65.3
	1	24.5	1	46.2	1	15.5	1	9.7	1	24.0
	2	27.2	2	29.1	2	7.1	2	1.6	2	5.8
	3	29.8	3	16.5	3	2.4	3	1.6	3	4.1
					4	0			4	0.8
3	0	11.6	0	12.2	0	79.4	0	81.3	0	70.6
	1	30.6	1	35.1	1	9.5	1	6.3	1	16.2
	2	29.1	2	35.5	2	6.4	2	12.5	2	7.4
	3	28.7	3	17.3	3	4.8	3	0	3	4.4
					4	0			4	1.5
4	0	15.5	0	11.1	0	79.3		---	0	39.1

续表

双亲				子	女	亚	型			
亚型	W^s	%	L^u	%	A	%	L^r	%	W^d	%
	1	29.3	1	44.8	1	17.2		---	1	39.1
4	2	26.0	2	25.4	2	0		---	2	4.4
	3	29.3	3	18.8	3	3.5		---	3	13.0
					4	0		--	4	4.4
	0	14.0	0	9.4		---		---		---
	1	33.7	1	38.5		---		---		---
5	2	22.4	2	30.4		---		---		---
	3	29.9	3	17.7		---		---		---
	0	15.8	0	20.0		---		---		---
	1	36.8	1	40.0		---		---		---
6	2	18.4	2	20.0		---		---		---
	3	29.0	3	20.0		---		---		---

六、亲近度 I 及其应用

亲近度 I 是为了显示子女与其双亲指纹型相关程度而提出的概念。它是以子女各亚型频率高于一般人群相应亚型频率的倍数来表示的。其赋值标准如表 3－5－14 所示。

表 3－5－14　亲近度 I 的赋值标准

倍数	所赋数值
≤1.00	0
1.01—1.49	1
1.50—2.49	2
2.50—3.49	3
3.50—4.49	4
4.50—5.49	5
≥5.50	6

例如：双亲 W^s 为 0 亚型、子女 W^s 为 0 亚型时，以表 3－5－12 中相应的亚型的频率（65.0%）除以一般人群中 W^s0 亚型的频率（14.7%），所得的商（4.42）依表 3－5－14 的标准转换成相应的数值（4）。这样，每种纹型都可以赋以一种数值。五种纹型所赋数值之和做为该子女指纹型的亲近度 I。

比较实际家族和假定家族的子女亲近度 I（表 3－5－15）可以发现：实际家族亲近度的最高值为 13，子女分布的高峰位于亲近度为 3—4 处；其均值为 4.36±2.50（S.E.＝0.09）。假定家族亲近度的最高值为 10，子女分布的高峰位于 1—2 处，较实际家族的高峰左移，其均值为 3.12±2.02（S.E.＝0.07），与实际家

族有非常显著的差别（P<0.01）。亲近度小于4时，假定家族子女频率明显高于实际家族的相应频率，亲近度大于4时，实际家族子女的频率明显高于假定家族的相应频率。这说明亲近度越大，子女与双亲具有亲权关系的可能性越大。

表 3—5—15　　实际家族与假定家族子女亲近度 I 的分布（%）

亲近度	50家族		100家族		200家族		405家族	
	A	H	A	H	A	H	A	H
0	3.6	4.0	2.8	4.0	2.6	4.0	2.2	4.7
1—2	24.6	36.0	21.1	40.4	20.8	45.2	24.7	42.9
3—4	28.2	33.0	29.1	33.3	31.7	30.3	30.6	31.3
5—6	20.0	13.0	22.1	11.6	21.5	11.2	20.8	12.2
7—8	14.6	12.0	16.0	9.1	16.6	8.7	15.8	8.0
9—10	8.2	2.0	7.1	1.5	5.7	0.7	5.1	0.9
11—	0.9	0	1.9	0	1.2	0	0.8	0

A：实际家族，H：假定家族。

关于亲近度 I 在亲子鉴定中应用的可能性如表 3—5—15 所示，I.D.1 值为 11 以上时，具有亲于关系的可能性为 100%；有可能肯定亲于关系。若 I.D.1 值为 9—10，则相对父权机会为 98.1—99.2%，相对非父机会为 0.7—2.0%。由表 3—5—12 和表 3—5—13 的比较可有排除亲子关系的可能性，即：双亲的 W^s 和 L^u 为 0 亚型时，其子女的 W^s 和 L^u 不会出现第 3 亚型，双亲为 6 亚型时，子女不会出现第 0 亚型；双亲的 A 为 0 亚型时，子女的 A 不会出现第 4 亚型；双新的 L^r 为 0 亚型时，于女的 L^r 不会出现第 3 亚型。出现这些不应出现的亚型时，即可排除其亲于关系。综合计算，非父排除率为 2.67%。

应用举例：仍以 b. V. 的应用例为例。

（1）对父、母、子的指纹分型

被控父 10 指纹型：L、L、L、L、L、L、L、L、L、L

母亲 10 指纹型：A、A、A、A、A、L、A、A、A、L

子女 10 指纹型：A、L、L、L、L、A、A、A、L、L

（2）　计算亲近度

指纹型	双亲		子女		一般人群频率	子女相应亚型频率	倍数	赋值
	纹型数	亚型	纹型数	亚型				
W^s	0	0	0	0	14.7	65.0	4.42	4
L^u	12	4	6	2	30.2	43.9	1.45	1
A	8	4	4	3	2.8	15.4	5.50	6
W^d	0	0	0	0	66.1	70.0	1.06	1
L^r	0	0	0	0	83.7	88.1	1.05	1
合计	20	10						13

（3）　判断　亲近度为 13，大于 11，具有亲子关系的可能性为 100%，可以肯定其

亲权关系。

（林子清　贾静涛）

第三节　指纹遗传的亲近度Ⅱ

亲近度Ⅱ（intimate degree Ⅱ，I.D Ⅱ）和亲近度Ⅰ一样，是林子清、贾静涛（1989）提出的反映亲子间指纹型相关程度的又一个指标。其主要依据是，双亲对应手指的纹型组合与子女对应手指的纹型分布有明显的遗传关系。指纹型按人类学的方法分为3类6个亚型。

一、亲近度Ⅱ的产生步骤

1. 制定双亲各种纹型组合时的子女同名指指纹型频率分布表　这是依作者等实际调查的405个家系资料制定的。双亲对应手指的指纹型可出现 $A^a \times A^a$ 到 $W^d \times W^d$ 的21种组合，其子女相应手指指纹型频率分布如表3—4—1。

2. 建立假定家族　依亲近度Ⅰ建立假定家族的方法建立405个假定家族，假定家族中子女同名指指纹型频率分布如表3—5—16。

表3—5—16　假定家族双亲各种纹型组合时的亲子同名指指纹纹型的相关

双亲组合	双亲指数（对）	子女指纹型频率						子女指数（个）
		A^a	A^t	L^u	L^r	W^s	W^d	
$A^a \times A^a$	0							
$A^a \times A^t$	5	0	0	3	0	5	1	9
		(0)	(0)	(33.3)	(0)	(55.6)	(11.1)	
$A^a \times L^u$	73	1	4	61	2	69	9	146
		(0.7)	(2.7)	(41.8)	(1.4)	(47.3)	(6.2)	
$A^a \times L^r$	2	0	1	1	0	2	0	4
		(0)	(25.0)	(25.0)	(0)	(50.0)	(0)	
$A^a \times W^s$	51	1	2	45	3	40	11	102
		(1.0)	(2.0)	(44.1)	(2.9)	(39.2)	(10.8)	
$A^a \times W^d$	8	2	0	3	1	7	3	16
		(12.5)	0	(18.8)	(6.3)	(43.8)	(18.8)	
$A^t \times A^t$	3	0	0	2	0	3	1	6
		(0)	(0)	(33.3)	(0)	(50.0)	(16.7)	
$A^t \times L^u$	86	0	6	77	9	69	7	168
		(0)	(3.6)	(45.8)	(5.4)	(41.1)	(4.2)	

续表

双亲组合	双亲指数（对）	子女指纹型频率						子女指数（个）
		A^a	A^t	L^u	L^r	W^s	W^d	
$A^t \times L^r$	9	1	0	5	1	8	3	18
		(5.6)	(0)	(27.8)	(5.6)	(44.4)	(16.7)	
$A^t \times W^s$	72	5	8	54	2	70	5	144
		(3.5)	(5.6)	(37.5)	(1.4)	(48.6)	(3.5)	
$A^t \times W^d$	18	3	1	10	5	16	1	36
		(8.3)	(2.8)	(27.8)	(13.9)	(44.4)	(2.8)	
$L^u \times L^u$	911	21	33	974	23	641	114	1 806
		(1.2)	(1.8)	(53.9)	(1.3)	(35.5)	(6.3)	
$L^u \times L^r$	69	4	7	59	5	49	13	137
		(2.9)	(5.1)	(43.1)	(3.7)	(35.8)	(9.5)	
$L^u \times W^s$	1 414	36	54	1 302	51	1 222	157	2 822
		(1.3)	(1.9)	(46.1)	(1.8)	(43.3)	(5.6)	
$L^u \times W^d$	186	11	8	183	1	134	34	371
		(3.0)	(2.2)	(49.3)	(0.3)	(36.1)	(9.2)	
$L^r \times L^r$	6	0	4	4	0	4	0	12
		(0)	(33.3)	(33.3)	(0)	(33.3)	(0)	
$L^r \times W^s$	77	4	11	57	8	68	6	154
		(2.6)	(7.1)	(37.0)	(5.2)	(44.2)	(3.9)	
$L^r \times W^d$	11	0	1	10	1	9	1	22
		(0)	(4.6)	(45.5)	(4.6)	(40.9)	(4.6)	
$W^s \times W^s$	863	27	38	669	28	855	83	1 700
		(1.6)	(2.2)	(39.4)	(1.7)	(50.3)	(4.9)	
$W^s \times W^d$	167	11	5	124	9	161	19	329
		(3.3)	(1.5)	(37.7)	(2.7)	(48.9)	(5.8)	
$W^d \times W^d$	19	1	0	17	0	10	10	38
		(2.6)	0	(44.7)	0	(26.3)	(26.3)	
合计	4 050	128	183	3 660	149	3 442	478	8 040
		(1.6)	(2.3)	(45.5)	(1.9)	(42.8)	(6.0)	
随机人群		1.7	2.4	45.1	2.0	43.2	5.6	16 140
($\bar{X} \pm S.E.$)		0.10	0.12	0.39	0.11	0.39	0.18	

3. **赋值**　用实际家族子女的各型频率除以随机人群相应指纹型的频率，依所得商的数值（倍数）按表 3—5—17 的标准赋值。

表 3—5—17　I.D. Ⅱ的赋值标准

倍数	赋值
≤1.10	0
1.11—2.00	1
2.01—3.00	2
3.01—4.00	3
4.01—5.00	4
5.01—6.00	5
6.01—7.00	6
7.01—8.00	7
8.01—9.00	8
9.01—10.00	9
10.01—	10

4. 编制子女各指各种纹型赋值表　依 I.D. Ⅱ的赋值标准，对实际家族子女的各指各种纹型赋值如表 3—5—18。

5. 亲近度Ⅰ（I.D. Ⅰ）　是在实际应用时，依被检双亲的纹型组合及子女的指纹型，按照表 3—5—18 的标准对子女的各个手指赋值。10 个手指所赋数值之和即为 I.D. Ⅰ。

表 3—5—18a　左右手拇指各型赋值标准

双亲组合	子女指纹型（左手）						子女指纹型（右手）					
	A	T	U	R	W	D	A	T	U	R	W	D
A×A												
A×T									1			
A×U	5	1	1			2	3		1			
A×R												
A×W	2			2		3	8					2
A×D		6				4	10				1	
T×T												
T×U	10		1						2			
T×R												
T×W	10		1						5			
T×D						8					2	
U×U	3		1			1	1	1	1			1
U×R			1		1							
U×W	1					2	1					1
U×D	1					3	3		1			1
R×R												
R×W			1		1				1		1	
R×D					2							
W×W						1					1	
W×D					1	3					1	2
D×D	5					5					1	3

表 3—5—18b　　左右手食指各型赋值标准

双亲组合	子女指纹型（左手）						子女指纹型（右手）					
	A	T	U	R	W	D	A	T	U	R	W	D
A×A												
A×T					2			10				
A×U	7	1	1	4			10	2		8		
A×R				10			10		1			
A×W	7	5					5	3				
A×D					1				2			
T×T		10							2			
T×U		7		6		1	3	9		3		
T×R			1		1		5	7		10		1
T×W	2	2		5		1	4	3		5		1
T×D		10	1	3				7		1		
U×U	1	4	1	1		1	1	2	1	1		
U×R	3	6		6		1		6		10		
U×W	1	2		2			1	1		3		1
U×D		1		2		2		3	1			
R×R	8	10								10		3
R×W		2		6			1	1		9	1	
R×D		6		4		1		7		9		
W×W				2	1					3	1	1
W×D				3	1	1				2	1	1
D×D												

表 3—5—18c　　左右手中指各型赋值标准

双亲组合	子女指纹型（左手）						子女指纹型（右手）					
	A	T	U	R	W	D	A	T	U	R	W	D
A×A												
A×T	10	10				5						
A×U	8	2	1	5			8	8		3		1
A×R												
A×W					1		6		1			
A×D												

续表

双亲组合	子女指纹型（左手）						子女指纹型（右手）					
	A	T	U	R	W	D	A	T	U	R	W	D
T×T												
T×U		2	1					4	1	2		
T×R												
T×W			1			1			1			
T×D			1									
U×U	1	1	1				1	1	1			
U×R		2	1	6		1			1			
U×W								1				
U×D		1	1			1		2	1			1
R×R												
R×W					1						1	
R×D												
W×W					1						1	1
W×D					1							3
D×D					2						2	

表 3－5－18d　　左右手环指各型赋值标准

双亲组合	子女指纹型（左手）						子女指纹型（右手）					
	A	T	U	R	W	D	A	T	U	R	W	D
A×A												
A×T												
A×U	8	6	1						2			
A×R												
A×W	8				2						1	
A×D												
T×T												
T×U		8	1						1			2
T×R												
T×W			1					4		1		
T×D		10							2			
U×U			1					1	1			
U×R					2			8	1			

续表

双亲组合	子女指纹型（左手）						子女指纹型（右手）					
	A	T	U	R	W	D	A	T	U	R	W	D
U×W					1						1	
U×D			1			1					1	1
R×R												
R×W					2						1	
R×D												
W×W					1						1	
W×D					1	2					1	3
D×D												

表 3—5—18e　　左右手小指各型赋值标准

双亲组合	子女指纹型（左手）						子女指纹型（右手）					
	A	T	U	R	W	D	A	T	U	R	W	D
A×A												
A×T												
A×U	7		1					10	1			
A×R												
A×W		8	1						1			
A×D												
T×T												
T×U			2						1	5		1
T×R												
T×W			1	10					2			
T×D												
U×U			1						1			
U×R			2						2			
U×W			1						1			
U×D			1								1	
R×R												
R×W											2	
R×D												
W×W					1	1					1	
W×D					1	2					2	
D×D												

二、亲近度 I 的应用

对 405 个家族的 804 个子女及 405 个假定家族的 804 个子女的 I.D. I 值进行检验，结果如表 3－5－19。由表可见 I.D. I 值的分布近似正态分布，高峰值为 I.D. I 5－6；假定家族的高峰值为 I.D. I 3－4，显著左移。比较 I.D. I 均值，在真实家族为 7.64±5.05 (S.E. ＝0.18)，假定家族为 5.19±2.91 (S.E. ＝0.10) 二者有非常显著的差别 (P＜0.01)。对 I.D. I 的应用的可能性有以下几点估计：

表 3—15—19　　实际家族 I.D. I 与假定家族的比较

I.D. I	50 家系				100 家系				200 家系				405 家系			
	A		H		A		H		A		H		A		H	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
0	0	0	0	0	0	0	1	1.5	0	0	7	1.8	0	0	13	1.6
1—2	5	4.5	17	17.0	9	4.2	37	18.6	14	3.1	57	14.4	32	4.0	99	12.3
3—4	21	19.1	29	29.0	32	15.0	58	29.2	67	15.8	129	32.6	133	16.6	260	32.3
5—6	30	27.3	31	31.0	63	29.6	53	26.6	129	30.5	107	27.0	216	30.6	231	28.7
7—8	27	24.6	15	15.0	46	21.6	31	15.6	88	20.8	59	14.9	177	22.0	123	15.3
9—10	11	9.2	3	3.0	23	10.8	8	4.0	46	10.9	16	4.0	87	10.8	38	4.7
11—12	7	8.7	1	1.0	13	6.1	4	2.0	25	5.9	9	2.3	40	5.0	17	2.1
13—14	2	1.8	2	2.0	10	4.7	5	2.5	19	4.5	8	2.0	28	3.5	12	1.5
15—16	1	0.9	1	1.0	1	0.5	1	0.5	8	1.9	1	0.3	19	2.4	6	0.8
17—18	1	0.9	1	1.0	3	1.4	1	0.5	5	1.2	1	0.3	9	1.1	2	0.3
19—20	0	0	0	0	1	0.5	0	0	4	0.9	2	0.5	8	1.0	3	0.4
21—22	2	1.8	0	0	5	2.4	0	0	7	1.7	0	0	10	1.2	0	0
23—24	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.5	0	0	3	0.4	0	0
25—26	3	2.7	0	0	7	3.3	0	0	9	2.3	0	0	12	1.5	0	0
合计	110		100		213		199		423		396		804		804	

A：真实家系　H：假定家系

1. I.D. I 为 0 的子女，可以排除其亲权关系。非父排除率为 100%，估计错误的机率在 1%以下。

2. I.D. I 为 21 以上的子女可以肯定其亲子关系。其父权肯定机率约为 99.9%，估计错误的机率在 0.10%以下。

3. I.D. I 为 17－20，可以判断为很像父亲，其相对父权机会为 95－97%。估计错误的机率为 1－2%。

应用举例：

(1) 被控父 10 指纹型：(顺序为右手拇指→左手小指)

W^s，L^r，L^u，L^u，L^u，W^d，L^u，L^u，L^u，L^u

母亲10指纹型：

W^s，A^t，L^u，L^u，A^t，L^u，A^s，A^s，A^t，A^t

女儿10指纹型：

W^d，A^t，A^s，A^t，L^u，L^u，A^s，L^u，A^t，L^u

（2）依表3—5—18的标准，对女儿的10指赋值，得到如下各值：

1，7，1，1，1，0，7，1，8，2

（3）I.D. Ⅱ为上述各值之和，即I.D. Ⅱ＝29

（4）判断：I.D. Ⅱ＞21，可以肯定父女关系，其错误机率小于0.1%。

第四节　指纹纹线数的遗传

一、指纹纹线数的计数方法

指纹纹线数的计数方法有多种，在各种方法中对弓、箕型纹的计数方法基本一致，只是对斗型纹的计数方法不同。1952年松倉豊治提出一个新的计数方法：他根据指纹的环状变异现象，认为斗型纹大多由箕型纹变异而来，因而在计数斗型纹的纹线数时，应考虑其原来箕型纹的形态。具体原则如下（图3—5—3）：

1. 弓型纹为0；

2. 弓箕纹

（1）帐弓（AL—I）：原则上为0。若已有形成箕型纹外角的倾向，可计数核心点至假想三叉点间的纹线；

（2）准弓状纹（AL—Ⅱ）：以中心的箕形线为1。

（3）弓箕混合纹（AL—Ⅲ）：设一连于箕形线中央和弓形线中央的假想线，在这条线上计数三叉的底线追踪线至中心箕线远侧支之间的纹线数；

3. 箕型纹　按常法计数核心点与三叉点间的纹线数；

4. 箕斗纹　大部分可按箕型纹或斗型纹的标准计数。但复式箕斗纹和混合箕斗纹不同；

（1）复式箕斗纹（LW—Ⅴ）：以共同的S形线的中央点为核心点，然后按斗型纹的计数原则计数；

（2）混合箕斗纹（LW—Ⅵ）：原则上与LW—Ⅴ相同，但尚未形成完整的复式箕斗纹时，只计数完整的箕型纹一方。

5. 斗型纹　原则上以演变为斗型纹的箕型纹外角（常取左右三叉点的低位侧）为三叉点，计数其至核心点间的纹线数。

6. 弓斗纹　依其形态可按弓型纹定为 0，有时可按斗型纹计数。

7. 未接触核心点至三叉点间的连线，但与该线非常接近，且纹线充分发达时可按一条纹线计数。

8. 三叉点如果是一个点或一个短线，则不做为一条纹线，但如果是构成三角内侧边的纹线而且充分发达，则做为一条纹线处理。

9. 单纯的点线、短线、小分歧线（小钩）、小桥等尚未充分发达的纹线，不按一条纹线计数；小眼以一条纹线计数。

图 3—5—3　指纹的纹线计数模式图（松倉）

二、指纹纹线数的遗传——四对显性等位基因遗传假说

指纹纹线总数（TFRC）是指构成指纹中心花纹的纹线数量的多少。它的增加，意味着指纹形态的复杂程度增加，因而可以认为它与指纹型的变异是同向的（虽然可以不同步）。因此松倉豊治（1953）提出了与 b. v. 的遗传假说相似的四对显性等位基因遗传假说来解释纹线总数的遗传现象。该假说的具体内容如下：

1. 决定总纹线数遗传的基因为四对等位基因，即 Aa、Bb、Cc、Dd。其中 A、B、C、D 为显性基因，a、b、c、d 为隐性基因。

2. 显性基因决定总纹线数的增加程度。显性基因缺如时总纹线数小于 10，随着显性基因数的增加，指纹的复杂程度增加，总纹线数也随之增加。

3. 这四对等位基因可以出现 81 种组合。按每种组合中显性基因数的多少可以分为 9 种，即 9 种基因型。各型的基因组合情况与 b. v. 的 9 种基因型组合相同。这 9 种基因型的理论出现频度与 b. v. 相同，也是 1：8：28：56：70：56：28：8：1。

4. 根据显性基因的个数与总纹线数的关系，总纹线数可以相应地分为 9 种表现型。基因型与表现型的关系如表 3—5—20 所示。

表 3－5－20　TFRC 的基因型与表现型的关系

TFRC（表现型）	基因型
10 以下	0
11－60	1
61－100	2
101－140	3
141－170	4
171－200	5
201－230	6
231－250	7
250 以上	8

表 3－5－21　TFRC 的各种基因型频率（%）

基因型	日本人群观察值	理论值	中国汉族观察值
0	0.48	0.39	0.64
1	3.39	3.13	4.85
2	10.33	10.94	16.37
3	23.29	21.88	29.15
4	27.33	27.34	29.29
5	24.74	21.88	15.24
6	8.24	10.94	7.10
7	1.62	3.13	1.34
8	0.65	0.39	0

经检验，按上述标准划分的各表现型的实际观测频率与理论值在日本人群中是一致的（$0.10<P<0.20$），但在我国汉族中则不完全一致，表现为 2－4 基因型的频率高于理论值而 5－8 基因型的频率低于理论值（$P<0.05$）（表 3－5－21）。

5. 双亲不同基因型组合与子女基因型的关系，也可用表 3－5－6 来说明，其父权肯定机率也与 b. v. 相同（表 3－5－7）。

三、应用于亲权鉴定的可能性

1. 松倉调查 150 个家系，319 个子女，仅 2 个家系（占 1.33%）的 2 个子女（占 0.63%）不符合。

2. 古屋调查 350 个家系，753 个子女，结果与理论分布完全一致。古屋另外调查 32 组 5 代家系全体成员，结果也与理论分布一致。

3. 林子清、贾静涛调查了 356 个家系，702 个子女，结果有 2 个家系（占 0.56%）的 2 个子女（占 0.28%）不符合理论分布，说明这个法则也适用于我国汉族指纹纹线数的遗传情况。

第五节　指纹形态的遗传

一、指纹形态指数与个人形态指数

指纹形态（fingerprint form）是指指纹的长短阔狭。指纹形态也具有明显的遗传性，

反映其遗传性的指标为指纹形态指数和指纹个人形态指数。

指纹形态指数（form－index）是本世纪二十年代初由德国学者 Bonneive 提出来的。它是用指纹的高除以指纹的宽，所得的系数称为 F.I.。F.I. 大，说明指纹高而窄，反之，F.I. 小，说明指纹矮而阔。

指纹的个人形态指数（personal form－index，P.F.I.）是 1954 年由松倉豊治提出来的。它是先计算十指的 F.I.，然后除外双手拇指，计算其余 8 个手指的 F.I. 平均值，即为指纹的 P.F.I.。P.F.I. 反映指纹总体的形态。P.F.I. 值越大，说明十指中形态为高而狭的指纹数越多，反之，P.F.I. 越小，说明十指中高而狭的指纹数越少而矮而阔的指纹数越多。

二、指纹形态计测法

（一）计测方法

指纹形态计测法主要有两种，即 Bonneive 计测法和松倉的计测法。前者的测量方法较复杂，而且误差较大，因而已不常被人们所应用。我们主要介绍松倉的计测方法。具体方法如下：

1. 标尺：在一玻璃板上刻一个成直角纵横相交的标尺，长轴尺度距中点上下各 25 毫米，横轴尺度距中点左右各 15 毫米，精度 0.5 毫米（图 3－5－4）。

2. 斗型纹及其类似纹计测法：包括 W 及 LW－Ⅴ、LW－Ⅵ。

（1）将标尺的中点及纵轴与纹型的核心点及纵轴对齐，则横轴位置自然确定（图 3－5－5 左）。

（2）沿左右三叉点上部支流向上追迹（中断时取外侧线），读取与纵轴相交的点 C_1、C_2，取其中点为 C。

（3）沿两侧三叉点的下部支流追迹（中断时取下边纹线），读取与纵轴的交点 D_1、D_2，取其中点为 D。

以 C－D 为指纹长，或用下式算出：

指纹长＝ $(OC_1+OC_2+OD_1+OD_2)\div 2$

（4）读取左右三叉的支流（或其追踪线）与横轴的交点 A、B，A－B 即为指纹宽。

（5）形态指数（F.I.）即长宽率＝$CD/AB\times 100$

3. 箕型纹及其类似纹的计测法：包括 L 及 LW－Ⅰ、LW－Ⅳ。

（1）使标尺的纵轴通过中心箕线的顶点，同时横轴中点 O 与三叉点 A 的距离为 AO，及中点 O 与中心箕线（或中心沟）交于横轴上的 B 点间距离 OB 尽量相等（图 3－5－5 中）。

（2）在上述位置上，以 A－B 为指纹宽。

（3）以三叉点的上部支流与纵轴的交点为 C，以下部支流与纵轴交点为 D，C－D 即

为指纹长。

(4) F.I.＝CD/AB×100

4. 弓型纹及其类似纹计测法：包括A、AW、AL－Ⅰ、AL－Ⅱ。

(1) 预制一个纸片，使其上方呈125度角，依此纸片求与该角相切或最接近的纹线，以其顶点做为标尺的中点。

(2) 横轴的位置依在O点左右与其交叉的弓形线倾斜度大致均等而定。横轴确定后，纵轴自然确定（图3－5－5右）。

(3) 在横轴上取距O点左右各8毫米（未满15岁时取5毫米）与纹线相交点A、B，（或未与纹线相交，取其外侧纹线），分别由该点沿左右纹线追踪到与纵轴交点C_1、C_2，读取刻度。

(4) 指纹长＝ $(OC_1+OC_2)\div 2$，宽为8毫米。

长宽率＝ $(OC_1+OC_2)\div(2\times 8)$

弓型纹F.I.＝长宽率＋20

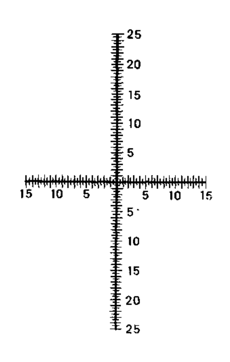


图3－5－4　用于弓型纹计数的标尺

5. 特殊纹型计测法（图3－5－6）

(1) AL－Ⅱ　原则上与A相同，但纵轴线需通过中心箕线的顶点。

(2) AL－Ⅰ　原则上与A相同。

(3) AL－Ⅲ　在弓型纹部顶点与箕形纹部顶点之间定该纹型的中点。

(4)、(5)、(6)、(7) 以L为标准。

(8) 与W型的计测方法相同。

(9) 横轴放在与左右三叉结合线平行的位置上，纵轴的位置自然确定。

(10) 纹型的中心点定在两箕状部的交界线上各箕头顶点之间，其他按L计测。

(11) 确定指纹长，可分别取右三叉点上部支流及左三叉点下部支流与纵轴的交点。

(12) 一般同W。

(13) 中心的确定按图进行。

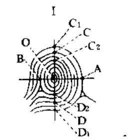
(14) 横轴应定在与左右三叉结合线平行的位置上。

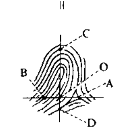
(15) 纵横轴的确定同前；为确定指纹长，可依纹型的实际情况上、下各取一点（C、D）。

(16) 中心点定在箕状部与斗状部之间。

(17) 横轴应定在与左右三叉结合线平行的位置上，以此为先决条件。C、D 点可按 W 计测。

(18) 特殊的旋转纹，其长与宽的确定可按 L 计测。





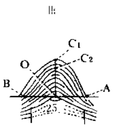
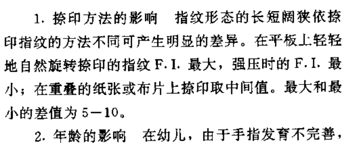


图 3—5—5　各种纹型计测法

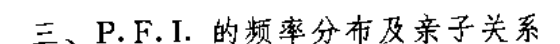
（二）影响指纹形态指数的因素



1. 捺印方法的影响　指纹形态的长短阔狭依捺印指纹的方法不同可产生明显的差异。在平板上轻轻地自然旋转捺印的指纹 F.I. 最大，强压时的 F.I. 最小；在重叠的纸张或布片上捺印取中间值。最大和最小的差值为 5—10。

2. 年龄的影响　在幼儿，由于手指发育不完善，且在捺印时多需加以强压，因而年龄越小其 P.F.I. 越小，但就个人来看，P.F.I. 受年龄的影响不大，其差值多在 2—7 之间，罕有达到 10 以上者。

3. 拇指的影响　拇指各纹型的形态指数多数较小，这不是由于拇指的指纹特殊，而是由于末节拇指本身近似圆形所致。故其形态指数不宜包括在 P.F.I. 中。



三、P.F.I. 的频率分布及亲子关系

每个指纹的形态都非常明确地位于一个连续的变异线上，依其遗传规律而发生渐近的变异。使指纹形态平均化的 P.F.I. 是表示指纹个人总体形态的一个指标，这个指标可以综合反映指纹形态的变异程度。

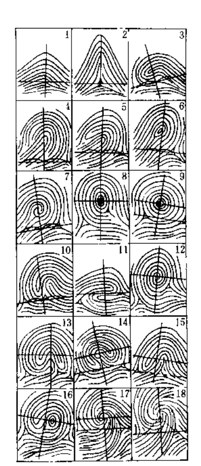


图 3—5—6　特殊纹型计测法
（松倉）

（一）一般人群的P.F.I. 分布

松倉（1954）根据753例的调查，得出一般人群的P.F.I. 分布，结果如表3—5—22所示。P.F.I. 在106—130之间者占多数，两侧逐渐减少，属于略呈正态分布的连续变异。

表3—5—22　一般人群的P.F.I. 分布

P.F.I.	例数	%	P.F.I.	例数	%
85以下	2	0.27	136—140	56	7.44
86—90	3	0.40	141—145	51	6.77
91—95	9	1.20	146—150	19	2.52
96—100	29	3.85	151—155	12	1.59
101—105	40	5.31	156—160	7	0.93
106—110	80	10.62	161—165	11	1.46
111—115	102	13.55	166—170	5	0.66
116—120	81	10.76	171—175	4	0.53
121—125	82	10.89	176—180	4	0.53
126—130	100	13.28	181以上	5	0.66
131—135	51	6.77			

（松倉　1954）

（二）双亲各种组合时的子女P.F.I. 分布

1. 子女P.F.I. 分类　依子女P.F.I. 的大小分为4类。设：R′：P.F.I.＜95；R：P.F.I. 为96—115；E：P.F.I为116—145；E′：146以上。

表3—5—23　指纹形态的亲子关系

双亲组合	例数	子女				合计
		R′	R	E	E′	
R′×R′	0					
R×R′	0					
E×R′	7		6	8		14
E′×R′	1			2		2
R×R	24	3	17	27	3	50
R×E	70	2	57	78	14	151
R×E′	8		6	8	3	17
E×E	52	3	22	59	22	106

续表

双亲组合	例数	子女				合计
		R′	R	E	E′	
E×E′	21		3	32	9	44
E′ ×E′	1			1		1
合计	184					385

（松倉，1954）

对 184 个家系（子女 385 人）按上述标准进行分类，观察双亲各种组合时子女 P.F.I. 的情况，结果如表 3－5－23 所示。由表可见，双亲与子女 F.I. 呈正相关关系，相关系数为 r＝0.2781±0.03。

四、三对显性等位基因遗传假说

决定指纹形态的基因直接影响指纹形态的变异程度，因而也可以把它叫做“高低因子”。高低因子决定 P.F.I. 的机制如下：

1. 高低因子是由三对等位基因（AaBbCc）组成的。这三对基因可以形成由全部为隐性基因（aabbcc）至全部为显性基因（AABBCC）的 7 种组合，即 7 种基因型。

2. 基因型为 0 时指纹形态的变异程度最小，即全部都是圆形或横圆形纹，随着显性基因数的增加，P.F.I. 增大，指纹长度逐渐增加，至第 6 基因型时，全部为显性基因，P.F.I. 达到最大，全部指纹都是长形纹。

3. 三对显性基因依其显性基因数的多少可以分为 7 种基因型，做为表现型的 P.F.I. 也可以相应地分为 7 种。一般人群的基因型频率如表 3－5－24。

表 3－5－24　一般人群 P.F.I. 的基因型频率

基因型	P.F.I.	观察值		理论值	
		例数	%	例数	%
0	95 以下	13	1.73	11.8	1.56
1	96－105	70	9.30	70.6	9.38
2	106－115	184	24.44	176.5	23.44
3	116－130	262	34.79	235.3	31.25
4	131－145	157	20.85	176.5	23.44
5	146－175	58	7.70	70.6	9.38
6	176 以上	9	1.20	11.8	1.56
合计		753		753.1	

经松倉等人检验，一般人群各基因型的频率与理论频率基本一致（P＞0.20）。

五、P.F.I. 的亲子间遗传法则

三对显性等位基因假说可以从理论上推测出双亲各种基因型组合时子女基因型的出现范围，松倉称之为“P.F.I. 的亲子间遗传法则”。该法则如表 3－5－25 所示，可用以判定亲子关系。

表 3－5－25　P.F.I. 的亲子关系

双亲组合	子女基因型		双亲组合	子女基因型	
	可能	不可能		可能	不可能
0×0	0	1—6	2×3	0—5	6
0×1	0，1	2—6	2×4	1—5	0，6
0×2	0—2	3—6	2×5	2—5	0，1，6
0×3	0—3	4—6	2×6	3—5	0—2，6
0×4	1—3	0，4—6	3×3	0—6	无
0×5	2—3	0，1，4—6	3×4	1—6	0
0×6	3	0—2，4—6	3×5	2—6	0，1
1×1	0—2	3—6	3×6	3—6	0—2
1×2	0—3	4—6	4×4	2—6	0，1
1×3	0—4	5，6	4×5	3—6	0—2
1×4	1—4	0，5，6	4×6	4—6	0—3
1×5	2—4	0，1，5，6	5×5	4—6	0—3
1×6	3—4	0—2，5，6	5×6	5—6	0—4
2×2	0—4	5，6	6×6	6	0—5

（松倉，1954）

六、P.F.I. 的应用

关于亲子鉴定的可能性，松倉用 184 个家系，385 个子女对之进行了检验，结果有 3 个家系（占 1.63%）的 3 个子女（占 0.78%）不符合。

古屋（1958）用 350 个家系，753 个子女进行检验，结果全部家族和子女均与理论分布一致。

应用举例：

（1）测量双亲及子女的 F.I.：

		拇	食	中	环	小
父	右手	83	85	90	92	103
	左手	80	89	88	93	100
母	右手	75	93	90	110	105
	左手	80	89	98	108	109

子	右手	95	120	128	132	135
	左手	98	126	130	143	165

(2) 计算双亲及子女的基因型：

父亲 P.F.I. 及基因型

P.F.I. = (85+90+92+103+89+88+93+100) ÷8=92.5

基因型为 0

母亲 P.F.I. 及基因型：

P.F.I. = (93+90+110+105+89+98+108+109) ÷8=100.7

基因型为 1

子女 P.F.I. 及基因型：

P.F.I. = (120+128+132+135+126+130+143+165) ÷8=134.9

基因型为 4

(3) 结果判定

双亲基因型为 0×1 时，其子女理论上可能出现的基因型为 0 或 1 基因型，现在子女的基因型为 4，可以否定亲子关系。

（林子清）

第六节　分段三叉价的遗传

米村勇 (1981) 就 304 个家族 1 341 人用古典的指纹分类法，从新的角度探讨了各型指纹的遗传形式，发现有三叉 (⊿) 的指纹数易受双亲的影响，而提出⊿价的概念。分析⊿价遗传形式的结果，认为⊿价或分段⊿价（区分⊿价）在亲子鉴定上是相当有用的。米村认为⊿价不仅比以往的指纹价更有客观性，而且计算方便，直接由手指即可读出价数。

⊿ (delta) 即指纹三叉。在平弓 (A^s)，⊿数为 0；在帐弓 (A^t) 和箕型纹 (L)，⊿数为 1；在斗型纹 (W)，⊿数一般为 2。10 指⊿数之和，即为⊿价。

⊿价的平均值，在男性为 14.5±3.45；在女性为 13.5±3.43。

调查 1 341 人，其⊿价分布范围在 3—20 之间，为了便于分析，将⊿价由 0—20 划分为 6 段，称之为分段⊿价。其分段标准及分段⊿价的频度分布如表 3—5—26。两性的频率分布有明显的差异 ($P<0.05$)。

表 3－5－26　　⊿价的分段及分段⊿价的频率 (%)

分段⊿价	⊿价	男性 (719 人)	女性 (622 人)	合计 (1 341 人)
1	0—9	0.0417	0.0932	0.0656

续表

分段 ⊿价	⊿价	男性 (719 人)	女性 (622 人)	合计 (1 341 人)
2	10—11	0.1989	0.2476	0.2215
3	12—14	0.2796	0.2685	0.2744
4	15—17	0.2309	0.2219	0.2267
5	18—19	0.1530	0.1141	0.1350
6	20	0.0960	0.0547	0.0768

双亲的各种分段⊿价组合与子女分段⊿价的关系如表 3—5—27。根据 Bayes 定理，由表 3—5—27 计算得父权肯定机率如表 3—5—28。

表 3—5—27　　分段⊿价的遗传关系

双亲组合	子女分段⊿价的绝对频度						合计
	1	2	3	4	5	6	
1×1	3	3	1				7
2	8	15	4	1			28
3	3	11	7	6	2		29
4	1	5	5	1	1		13
5			5	4	2		11
6		1	1	1	1	1	5
2×2	6	18	6	5			35
3	8	40	34	7	1		90
4	1	18	23	18	10	2	72
5	2	6	12	6	4		30
6	3	5	6	11	2	4	31
3×3	2	11	22	9	2	2	48
4	7	12	40	32	15	6	112
5	1	7	7	5	18	9	47
6	1	2	7	11	9	7	37
4×4		1	6	21	9	4	41
5			11	17	14	9	51
6			2	6	6	2	16
5×5	1	1		4	3	5	14
6				3	5	5	13
6×6					2	1	3

表 3－5－28　分段三叉价的父权肯定机率

母	男	子女的分段⊿价与父权肯定机率					
		1	2	3	4	5	6
1	1	0.7793	0.5587	0.3382			
	2	0.7018	0.6127	0.3384	0.1848		
	3	0.4600	0.5283	0.4635	0.5678	0.4507	
	4	0.3878	0.5318	0.5792	0.3281	0.4776	
	5			0.6193	0.6978	0.6837	
	6		0.3713	0.4172	0.5594	0.7040	0.9124
2	1	0.7532	0.6030	0.3232	0.1702		
	2	0.6468	0.5932	0.3642	0.4508		
	3	0.4871	0.5575	0.5581	0.3089	0.1523	
	4	0.1293	0.4148	0.5163	0.5895	0.6921	0.5940
	5	0.4161	0.3619	0.5721	0.5346	0.6832	
	6	0.5084	0.3138	0.3927	0.6708	0.5107	0.8716
3	1	0.6569	0.6319	0.4175	0.5249	0.3474	
	2	0.6221	0.6679	0.5287	0.2935	0.0789	
	3	0.4357	0.5091	0.5764	0.5003	0.2434	0.3680
	4	0.5365	0.3264	0.5146	0.6040	0.5082	0.4281
	5	0.2829	0.4025	0.3066	0.3623	0.7472	0.7279
	6	0.3333	0.1967	0.3597	0.6135	0.6524	0.7255
4	1	0.7659	0.7917	0.5984	0.1853	0.2809	
	2	0.3717	0.7118	0.5531	0.4251	0.4136	0.2532
	3	0.7267	0.5142	0.5805	0.4580	0.4048	0.3953
	4		0.1943	0.3618	0.6024	0.5271	0.5434
	5			0.4553	0.4964	0.5823	0.6828
	6			0.3263	0.5259	0.6557	0.6039
5	1			0.7052	0.6150	0.3986	
	2	0.6883	0.6842	0.6780	0.4677	0.3270	
	3	0.4136	0.6173	0.4394	0.3186	0.5827	0.5076
	4			0.5317	0.5942	0.5002	0.4872
	5	0.7028	0.4362		0.5566	0.4386	0.6578
	6				0.5035	0.5837	0.6743
6	1		0.7825	0.6086	0.4133	0.4012	0.4919
	2	0.7382	0.7437	0.6007	0.5555	0.1777	0.3844

续表

母	男	子女的分段⊿价与父权肯定机率					
		1	2	3	4	5	6
	3	0.5019	0.4932	0.5953	0.5115	0.4490	0.4780
	4			0.4929	0.5691	0.5568	0.3770
	5				0.4484	0.5630	0.6505
	6					0.6907	0.6173

父权肯定机率表中的空白部分可用以排除父权。这一点和 b. v. 值的父权肯定机率表是一样的。

（贾静涛）

参考文献

1. 松倉豊治，指紋の遺伝に関する研究（第一編），指紋の生物学的分類及び「生物学的指紋価」の提唱．四国医学雑誌。1952 年；3：1。
2. 松倉豊治，指紋の遺伝に関する研究（第二編），「生物学的指紋価」の遺伝学的解析。四国医学雑誌。1952；3：55。
3. 古屋義人，指紋の遺伝に関する研究。犯罪学雑誌。1958；24（5），別輯：1。
4. 平岩幸一，等。指紋の遺伝に関する松倉仮説の再考察。日本法医学雑誌。1982；36（4）：589。
5. 平岩幸一，等。指紋の遺伝に関する松倉仮説の再考察（Ⅰ）。日本法医学雑誌．1983；37（1）：1。
6. 林子清，贾静涛，松仓“生物学指纹价的遗传法则”在我国汉族中的适用性．法医学杂志．1989；3。
7. Lin ZQ, Jia JT, Song HW. The study of intimate degree of the fingerprint heredity in Chinese Han nationality. J Chn Med Vniv . 1988；17（2）：15.
8. 松倉豊治，指紋の遺伝に関する研究（第 3 編），指紋の隆線数の遺伝について。四国医学雑誌。1952；3：108。
9. 松倉豊治，指紋の遺伝に関する研究（第 4 編），指紋形態の計測法につして。四国医誌。1954；5：14。
10. 松倉豊治，指紋の遺伝に関する研究（第 5 編），「指紋の個人形態示数」(P.F.I) の遺伝学的解析。四国医誌．1954；5：49。

第六章　掌纹的遗传

第一节　掌纹的基本知识

一、手掌区域的划分

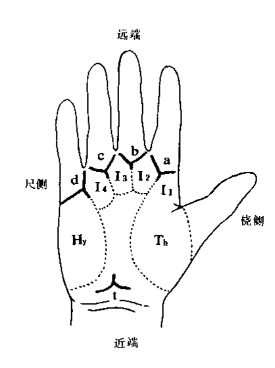


图 3－6－1　手掌皮肤纹理分区

手掌面积宽大，纹线的形态结构极为复杂。为了能对不同的个体进行皮肤纹理的比较分析，把手掌划分为几个解剖学上的特定区域。这些区域靠近胚胎时期掌垫的位置。这些区域有：大鱼际区（thenar area，Th）、指间区（interdigital area，I）、小鱼际区（hypothenar area，Hy）。具体划分方法：沿手掌第一屈肌褶纹划一条水平延长线为上界，然后在此线中点向下作一垂线做为纵界。上界的上部为指间区，纵界的尺侧为小鱼际区，桡侧为大鱼际区。

指间区位于手掌远端掌骨头部，依其所在部位分为第一、二、三、四指间区（I_1、I_2、I_3、I_4），每个区域间以指三叉为界。指三叉线位于Ⅰ—Ⅴ指基部近端（图 3－6－1），依Ⅰ—Ⅴ指的顺序分别称为a、b、c、d。第一指间区（I_1）在第一屈肌褶纹和三叉 a 之间，第二指间区（I_2）在三叉 a 和 b 之间，第三指间区（I_3）在三叉 b 和 c 之间，第四指间区（I_4）在三叉 c 和 d 之间。

二、掌纹的基本形态

（一）大鱼际区和第一指间区（Th/I_1）

这两个区域在解剖学上是密切相关的，分析时常做为一个区。在多数情况下，Th/I_1 没有花样，纹线沿着拇基部有规律地排列，称为空旷区或开放区（open field，O）。有时

这些有规律的纹线被一个错排的纹线区域破坏了，错排的纹线与有规律排列的纹线形成一个角度，但不构成真正的纹型。这种构型叫做痕迹（vestige，V）或称退化型花纹。有时可在 Th/I_1 区域内见到真实性花纹（true pattern），如箕型纹，而斗型纹则很少见。

（二）指间区

每个手指根部都有一组突向掌心的横行弧线，常与来自两侧指间的纵行纹线汇成三叉。各指间的纹线有的流向小指侧，有的流向另一指间，形成突向掌心的弓型纹；有的返回同一指间，形成头向掌心的纵向箕型纹，因而指间区常见有箕型纹，而斗型纹很少见，偶可以见到小的并伴有辅助三叉的斗型纹。痕迹（V）也比较常见，有时发生在一个真实花纹的内部，如发生于箕型纹内部则可形成箕型—痕迹（LV）花纹。空旷区（O）是在指间区常见的纹形，由平行的纹线构成，在三叉之间指间区变宽的地方纹线数增多。偶可见到两个花纹共存于一个指间区的图象。

在 I_2 区真正的纹型是比较少见的，但在 I_3 和 I_4 区则较常见。Holt（1968）报道，I_3 和 I_4 的纹型间存在着明显的对立关系，即 I_3 区有一个纹型时，I_4 常为空旷区，反之，I_4 区有一个纹型时，I_3 常为空旷区。

（三）小鱼际区

在小鱼际区各种纹型都可见到。最常见的纹型是弓型纹，有时纹线的弯曲程度增大形成帐型纹。偶可见到由近乎笔直的纹线构成的空旷区。箕型纹可以出现各种朝向，主要有斜向箕、纵向箕、横向箕和并列双头箕等。斗型纹可以出现环形斗、螺旋斗、双箕斗等形态。小鱼际区的斗型纹多为三个三叉。

（四）掌部花纹的基本类型

如上所述，掌部花纹大致可分为弓型、箕型、斗型、复合型及开放型（空旷区）与退化型（痕迹）等。除后二者及弓型外均属于真实性花纹。弓型、箕型及斗型纹的形态与指纹类似。

弓型纹包括平弓（A^s）及帐弓（A^t），尚可根据所在位置分为尺弓（A^u）、桡弓（A^r）和腕弓（A^c）；尺帐（T^u）、桡帐（T^r）和腕帐（T^c）。

箕型纹根据箕开口的方向分成桡侧箕（L^r）、尺侧箕（L^u）、远中箕（L^d）、近中箕（L^p）。

斗型纹多为环形斗和螺旋斗。

复合型纹是由帐弓、箕型纹和斗型纹复合而组成的。

在小鱼际区，双手真实纹型相同者占 17.2%，弓型相同者占 80.2%。真实纹型中以 L^r 为最多见，非真实纹型中以 A^c 为最多见。

在指间区真实纹型占 70%，无明显性差。其中 99.4%是 L^d。L^d 以 I_4 区出现率为最高，占 76.5%，其中 3.9%为并列双 L^d 纹。双手 I_4 区均有 L^d 者占 86.4%，比单手者多。（马慰国，1981）。

掌部纹型公式：掌部花纹区纹型按 Hy、Th/I_1、I_2、I_3、I_4 的顺序排列即为掌部纹型公式。如 A. O. L^d. O. V，式中 O 表示开放型，V 表示退化型。

三、掌的三叉

根据三叉所在的位置不同，手掌的三叉可分为指三叉、指间三叉和轴三叉。

1. 指三叉（digital triradii） 在掌部接近近中缘的 Ⅱ — Ⅴ 指基部，有三个方向的纹线汇合而成的四个三叉，称为指三叉。自桡侧至尺侧分别以字母 a、b、c、d 表示。指三叉的三条纹线中，当其自同一点发出时，此点即为三叉点。若不自一点发出，则以其可能交点为三叉点。

2. 指间三叉（interdigital triradii） 在指间区出现的三叉。

3. 副三叉（accessory triradii） 在指三叉附近出现的附加的三叉。

4. 轴三叉（axial triradii） 在接近掌腕交界处，掌的中轴线附近，通常存在着一个或几个三叉线，称为轴三叉。依其在掌上由近端向远端的顺序，用符号 t、t′、t″等表示。以位在手掌近中缘附近的为 t（图 3—6—1），位于掌中央的为 t″，在 t 和 t″之间的为 t′。有时轴三叉在尺—桡侧方向上移动，向桡侧移动者，称为 t^r，向尺侧移动者，称为 t^u。若移向小鱼际的尺侧边缘，称为 t^b。

四、主要掌纹线

（一）主要掌纹线的划分

主要掌纹线（palmar main line）简称主线，是由 a、b、c、d 四个指三叉的近中放射线延伸所形成的。它一共有四条，每条从一个指三叉发出，以大写字母 A、B、C、D 表示（图 3—6—2），各相应于有相同小写字母的指三叉。

手掌的指三叉有时可以缺失。一个指三叉缺失时，其位置常被一些稍弯曲的纹线所取代。在 4 个指三叉中，C 三叉的缺失较为常见，其它三叉的缺失则很少见。三叉缺失时，相应的主线也随之消失。

图 3—6—2 掌纹的主线

为了确定主线的经路，Penrose 等在手掌上选择了 15 个部位，用以表示主线的终止点。这些部位用数字表示。有 5 个数字在三叉点（三叉 a、b、c、d、t），其余 10 个数字在掌的侧面（图 3－6－3A）。数字的排列顺序从大鱼际的近端部分开始，向着掌的尺侧、远端，经过各指间，在掌的桡侧终止。

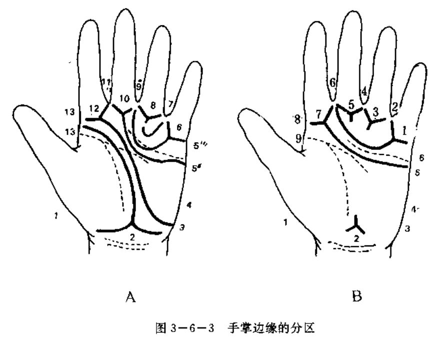


图 3－6－3 手掌边缘的分区

（Cummins，penrose）

（二）主要掌纹线的追踪

主要掌纹线的追踪方法与斗型指纹追踪线的追踪方法相同，但为了保证在不同的肤纹分析中追踪的一致，必须遵循以下几条规则：

1. 当有二条向近中侧延伸的纹线均可作为三叉的近中纹线时，取桡侧的一条纹线做为主线的开始。

2. 纹线中断时，选择与其直接相对的纹线继续追踪；这条纹线不存在时，转到与起始纹线的末端有密切关系的相邻纹线继续追踪。若看不清上述关系，在主线弯曲时，取其凹面的那条纹线续做主线；若该线为直线，则取尺侧或适中侧的那条纹线为主线。

3. 在纹线方向突然改变或在屈纹区纹线不清时，应在和起始纹线正好呈直线关系的纹线上凭经验穿过屈纹去追踪。

（三）主要掌纹线的分型

根据主线终点的不同，可将主线作如下的分型（表 3－6－1）。

表 3－6－1　　主要掌纹线的分型

主线	类　型	止　区
A 线	1 型	止于 1、2 区
	3 型	止于 3、4 区
	5 型	止于其余各区
B 线	3 型	止于 3、4 区
	5 型	止于 5′、5″区
	7 型	止于 6、7 区
	9 型	止于 8、9 区
C 线	尺侧型	止于 3、4、5′、5″、6 和 7 区
	桡侧型	止于 9、10、11、12 和 13 区
	近中型	X、x 和 8 区
	缺失型	无 C 线和 c 三叉（O）
D 线	7 型	止于 7、8 区及 O、X、x
	9 型	止于 9、10 区
	11 型	止于 11、12、13 区

（引自《人体测量方法》）

主线的又一分类法是：

1. A 线

A_1：a→小鱼际，即 a 的主线 A 走向小鱼际（终止于 3 区）；

A_2：a→鱼际，即 a 的主线 A 走向大鱼际（终止于 1 区）；

A_3：a→I_2，即 a 的主线 A 走向第二指间区（终止于 11 区）。

2. B 线

B_1：b→小指根区（b→6）；

B_2：b→I_4　（b→7）；

B_3：b→d，即 b 的主线 B 与 d 的主线 D 相联合（b→6）；

B_4：b→I_3（b→9）；

B_5：b→c　（b→8）。

3. C 线

C_1：c→小指根（c→6）；

C_2：c→I_4　（c→7）；

C_3：c 不外延；

C_4：c→I_3　（c→9）；

C_5：c→d　（c→6）；

C_6：c 缺失　（记录为 0）；

C_7：c→b　（c→10）；

C_8：c→I_2　（c→11）。

4. D 线

D_1：d→I_4　（d→7）；

D_2：d→I_3　（d→9）；

D_3：d→I_2　（d→11）；

D_4：d→c　（d→8）；

D_5：d 不外延；

D_6：d→b　（d→10）

D_7：d 缺失　（记录为 0）。

注意：

1. 主线发育不全　正常的主线很短，有时只有指三叉，近中放射线几乎不存在，此时用 x 表示。有时近中放射线呈短棒状并突然终止于折回的曲线，形成帐弓纹（图 3－6－9），可用 X 表示。

2. 若主线在延续过程中折回与本身或与同一指三叉的另外两条放射线汇合，则认为该主线止于该指三叉对应的掌缘区（6、8 区等）。此种情况主要见于 C、D 线。

（四）主要掌纹线公式

将各个主线的终点按 D、C、B、A 的顺序排列，用句点分开数字，即为主要掌纹线公式（main－line formula），或称为主线式。较常见的主线式有 11. 9. 7. 5.（图 3－6－2）；9. 7. 5. 3.（图 3－6－3）；7. 5. 5. 3。

若一条主线有 2 个终点，则用两个符号表达，符号之间用斜线分开，较大的数字记在前面，如 11/7。若主线的终点不能清楚地确定，先写肯定的终点，不肯定的终点用括号写在后面，如 11（10）。

主线互相联合时，分别记录对方指三叉所在掌缘区的数字。如主线式：11/7. 10. 8. 3 表示 D 线有 2 个终点（11 和 7）；C 和 B 互相联合；A 线终止于小鱼际。

如有副三叉存在，在记录其主线时，应与其邻近的指三叉主线一起记录，中间用破折号分开，先写较大的数字，如 11－7。

（五）掌部肤纹公式

此公式主要由主线公式、轴三叉公式、掌部纹型公式三部分用横线连结组成。例如某掌纹检查结果：

主线式为 11. 9. 7. 5′.

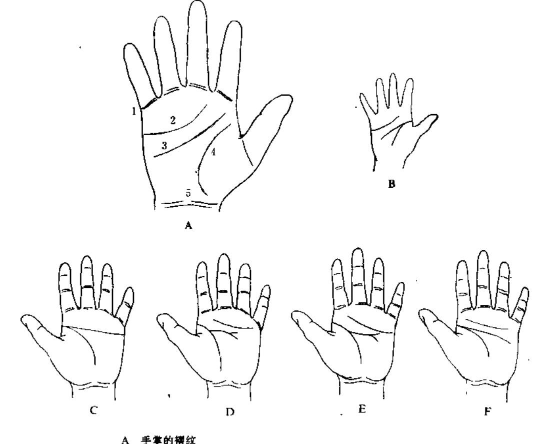
轴三叉公式为 t、t″；

掌部纹型公式为 A. L/L. O. L. V；

则其掌部肤纹公式（掌式）为 11. 9. 7. 5′. —t. t″. —A. L/L. O. L. V。

五、掌褶纹

掌褶纹（flexion crease）也叫屈纹或屈肌褶纹。是胚胎早期适应于抓握动作而形成的皮肤皱褶。指根部与手掌间的屈纹叫指掌褶，掌与腕之间的屈纹叫腕掌褶，掌中央的三



A 手掌的褶纹

1. 指掌褶 2. 远横褶 3. 近横褶 4. 桡侧纵褶 5. 腕掌褶

B 正常型 C 猿线 D 过渡Ⅰ型 E 过渡Ⅱ型 F 悉尼线

图3－6－4 掌褶纹类型

（依《人体测量手册》）

条重要屈纹由远至近分别称为远横褶（distal transverse crease）、近横褶（proximal transverse crease）和桡侧纵褶（radial longitudial crease）或第一、二、三掌褶纹（图3－6－4A）。远横褶起始于小指基部，流向食指和中指基部，近横褶起始于拇指、食指之

间，流向掌心方向，桡侧纵褶起始于拇指、食指之间，沿大鱼际尺侧流向手腕方向。

根据三种纹线的组合形态可以将其分为以下几种类型（图 3－6－4）：

1. 正常型 近横褶与桡侧纵褶起始端分离或结合，三条线的其余部分无分枝相连。

2. 猿线 远横褶和近横褶相互延续合成一条贯通手掌的横褶纹，俗称通贯手。

3. 过渡Ⅰ型 远横褶纹和近横褶纹本身虽未相连，但其间有明显的分枝相连。又称桥贯手。

4. 过渡Ⅱ型 在通贯手横褶上有朝上和向下的分枝。又称叉贯型。

5. 悉尼线（sydney line） 近横褶纹向尺侧延伸超过了第五指中轴的延长线，单独贯通手掌。

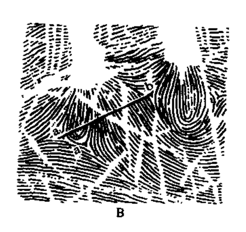
第二节 掌纹的计量分析

一、掌纹的纹线计数

（一）正常掌纹的纹线计数

分析掌纹时，常计数两个指三叉间的纹线数。最常记录的是三叉 a 和 b 间的连线，称为 a－b 纹线数（a－b ridge count，a－b RC）。计数时沿着连接这两个三叉点的直线进行，不包括构成三叉的纹线。计数原则与指纹的纹线计数原则相同。在 I_2 中存在一个副三叉 a′时，计数仍从 a 三叉开始。a 三叉是 a 和 a′中更靠近桡侧的一个（图 3－6－5A）。

A



B

A 只有一个 a 三叉

B a 三叉与 a′副三叉同时存在

图 3－6－5 a－b 纹线计数方法

（Holt SB，1968）

中国人 a－bRC 正常值（陈扬雷，1983）：39.03±4.47。无性别差异。ab 距离为 a、b 三叉点间直线距离，正常值为 2.21±0.25，无性别差异。

计数 b 和 c 之间，c 和 d 之间的纹线有时很困难，因为这些指间区的有些纹线的走向与用来计数的直线平行，而不是垂直，因而无法计数，实际分析时很少用。

（二）缺乏三叉时的纹线计数

在正常的掌纹图形中，一旦三叉点确定了，计数纹线是很容易的，但有时花纹图形很大，可以扩展到有乳头线皮肤的界限之外，并且可以没有三叉。这种图形在界限外可以有推定的三叉，这种三叉叫超限三叉。超限三叉的位置可以由纹线流行的方向大体上确定下来。这样的纹线计数其数值总是很高的，只能做大致估计。记录时在其数值前加一个“?”号。

二、轴三叉的位置

（一）atd 角

atd 角是应用最广泛的确定轴三叉位置的方法。这个角是从指三叉 a 到轴三叉和从轴三叉到指三叉 d 所画的直线形成的夹角（图 3－6－6A）。t 的位置越在远端，则 atd 角越大。在有两个以上轴三叉时，对每个轴三叉形成的夹角都应测量。掌上存在副三叉 a′和 d′时，要用最靠近桡侧的 a 三叉和最靠近尺侧的 d 三叉作为测量的起点。

用 atd 角确定轴三叉的位置及其频率如下：（张海国等，1982）

t 为 37°　（≤33—41°），频率 67.64%；

t′为 46°　（42—50°），占 29.42%；

t″为 55°　（51—59°），占　1.73%；

t‴为 64°　（60—68°），占　0.05%；

无 atd 角，占 1.15%.

中国人 atd 角平均值为 39.52°±6.12°（1041 例）。

应当注意，此角虽无性别差异，但有明显的侧差，差值在 0°—3°者占 73%，在 3.5°—45°之间者占 27%。此角可因年龄的增大而减小；捺印时压力增大而增大；或因手指张开程度小而变小。

（二）轴三叉百分距离

Penrose（1968）提出决定轴三叉位置的另一个方法：用掌的长度和腕屈纹与轴三叉之间距离的比率。其方法是：以远中腕屈纹和第四指的最近端屈纹之间的垂直距离为掌的长度，以轴三叉和远中腕屈纹之间的距离与掌长相比，得出百分数，以确定轴三叉的

位置，即为轴三叉百分距离（tpd）（图 3－6－6B）。依 tpd 确定轴三叉的标准及其频率如下：（张海国，1982）

t 为 10（1—20），频率 77.8%；

t′为 30（21—40），占 21.6%；

t″为 50（41—60），占 0.1%；

t‴为 70（61—80），占 0%；

无 t，占 0.5%

中国人 tpd 平均值为 16.00±6.25。

这个方法不受年龄影响，也不受掌的形态及指三叉位置的影响，因而较 atd 角更可靠。tpd 的侧差在 0—6 之间者占 79.6%，在 7—27 之间者占 20.4%。无轴三叉者以 0 表示，有 2 个轴三叉者以 tt′表示，有 3 个轴三叉者以 tt′t″表示。

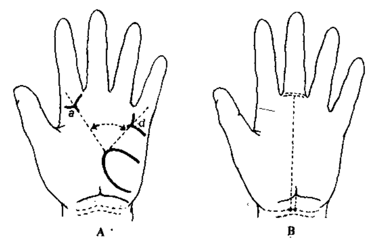


图 3－6－6　确定轴三叉位置的方法

三、掌纹计量的各种指数

（一）主线指数

前面讲过的主线式是表明掌上纹线总的走向的。Cummins（1936）认为仅凭主线中的 A 和 D 的终止点就可以正确地反映出纹线的走向。从这个观点出发，他提出了一个术语——主线指数（main－line index，MLI）。它等于主线 A 和 D 终止点所在区域的两个数目之和。数值越大掌纹纹线越垂直，反之数值越小则纹线越倾斜。

主线 A 和 D 终止点区域的数值编排方式与主线式终止点的数值编排方式相似，将主要为 A 线终止的掌缘区 1、2、3、4、5′、5″改为 1、2、3、4、5、6；将主要为 D 线终止区的 6—13 分别改为 1—8（或用数字 8 代替 13′，数字 9 代替 13″）（图 3－6－3B）。

（二）掌纹强度指数及掌三叉点数

这两个指标都表示掌部花纹的复杂程度。掌纹强度指数（palmar pattern intensity index）是指手掌各区箕型纹的总数；斗型纹一个按两个箕型纹计算。掌三叉点数是指掌部所有三叉点之和，包括指间三叉和所有的轴三叉。

（三）主线横向指数

四条主线终止区的数值相加，其和即为主线横向指数。它表示掌部乳头线的走行方向，所得数值越大，说明纹线越倾斜；数值越小，说明纹线越垂直。

第三节 掌纹的分析

与指纹一样，掌纹的分布也受遗传因素影响，因而不同的人群其掌纹形态也存在着差异。这些差异主要表现在各区纹型的出现率、轴三叉的位置、a－bRC 及主线走向等方面。

一、人种差异

掌纹的各项分析指标在不同人种间的差异是非常明显的（表 3－6－2）。与白种人相比，黄种人的 I_4 区真实花纹出现率明显地高，其他各区的真实花纹出现率则很低；黄种人的 atd 角与白种人相似，tpd 则明显大于白种人。

表 3－6－2　　掌纹各分析指标的人种间比较

人种	真实花纹百分率					atd 角	tpd
	T/I_1	I_2	I_3	I_4	Hy		
黄种人（汉族）	8.63	0.87	14.66	73.46	17.27	39.52	16.00
白种人（美国）	10.10	4.70	43.30	54.40	34.50	41.25	7.30

二、民族差异

手掌纹线的各指标不仅在不同的人种间有明显的差异，在同一人种的不同民族间也有明显的不同。表 3－6－3、4、5、6 分别列出了对我国不同民族的掌纹各区真实花纹出现率、a－bRc、atd 角、主线指数、主线横向指数及掌褶纹的分布情况。

表 3－6－3　不同民族掌纹真实花纹出现率及 a—bRC

民　族	例数	真实花纹出现率（%）					a—bRC
		T/I_1	I_2	I_3	I_4	Hy	
赫哲[5]（1987）	166	12.35	1.81	21.99	51.20	11.14	35.35
鄂伦春[8]（1984）	422	10.68	1.01	10.91	25.20	18.34	35.83
保安[8]（1984）	167	4.73	0.00	6.57	51.81	20.50	39.21
基诺[8]（1987）	834	1.74	0.42	6.54	78.06	15.05	36.42
崩龙[8]（1984）	300	5.65	0.66	11.66	80.00	8.33	38.01
鄂温克[8]（1984）	623	6.99	1.62	7.16	25.86	19.72	36.36
毛　难[8]（1984）	480	4.00	2.75	13.75	67.90	14.90	36.33
仡　佬[14]（1983）	410	4.41	2.82	18.75	65.04	8.70	37.33
仫　佬[12]（1984）	487	7.91	1.56	16.23	85.13	14.70	36.95
景　颇[10]（1982）	496	1.31	0.71	15.42	72.38	7.46	38.10
羌[13]（1984）	568	10.77	1.49	18.74	63.57	11.56	40.14
东　乡[8]（1984）	382	8.81	1.74	11.75	55.03	18.58	38.02
水　[14]（1983）	411	2.54	1.57	11.02	72.28	13.44	37.07
畲　[17]（1985）	425	10.59	1.53	15.18	70.70	13.18	37.21
傈僳[15]（1983）	205	1.49	0.00	6.10	76.89	1.94	38.27
黎　[8]（1984）	528	2.48	0.79	5.24	42.63	12.82	36.48
哈萨克[8]（待发表）	1 000	9.20	2.55	30.40	61.75	34.70	37.86
瑶　[8]（1986）	544	1.47	2.48	13.79	65.07	7.54	33.88
侗　[8]（1984）	673	4.00	1.66	13.44	69.34	15.56	37.06
朝鲜[11]（1986）	600	1.08	0.83	13.58	56.33	8.25	30.62
布依[14]（1983）	450	3.24	0.89	12.83	65.86	8.93	36.68
藏　[18]（1984）	1 071	8.97	0.42	15.82	73.61	11.85	39.76
苗　[8]（1984）	331	4.26	1.21	11.65	57.69	10.34	37.15
彝　[8]（1984）	505	5.73	1.16	7.73	48.79	11.50	41.34
维吾尔[8]（1988）	1 000	14.90	4.70	39.15	62.00	33.10	37.27
回　[8]（1984）	534	6.99	0.33	8.67	47.50	20.47	39.02
壮　[8]（1984）	570	5.30	1.71	15.10	68.51	18.48	36.28
汉　[8]（1981）	1 040	8.67	0.87	14.66	73.46	17.27	38.05

表 3—6—4　　不同民族 atd 角的比较

民　族	例数	平均数±标准差
汉[8] (1981)	1 040	39.52±6.12
景颇[10] (1982)	496	43.76±6.20
朝鲜[11] (1986)	600	38.78
仫佬[12] (1984)	487	39.96
彝 [13] (1984)	340	42.12±0.20
苗 [13] (1984)	355	38.97±0.37
藏 [13] (1984)	1 071	41.35±0.10
羌 [13] (1984)	568	41.03±0.13
仡佬[14] (1983)	410	42.43±5.55
侗 [14] (1983)	418	44.70±6.18
布依[14] (1983)	450	42.33±5.61
水 [14] (1983)	411	44.85±6.42
傈僳[15] (1983)	205	44.30±4.82
维吾尔[16] (1984)	1 020	40.52±0.33
哈萨克[16] (1984)	1 092	40.70±0.38
蒙古[16] (1984)	1 032	40.80±0.91
锡伯[16] (1984)	1 021	40.66±0.29
赫哲[5] (1987)	166	38.50±3.29
畲 [17] (1985)	425	41.62±4.76
佤 [18] (1987)	900	41.25±4.45

表 3—6—5　　不同民族的 MLI 和 MLIT

民　族	地区	例数	MLI	MLIT
裕固[19] (1987)	甘肃	346		22.00
佤族[18] (1987)	云南	900		22.55±4.21
赫哲[5] (1987)	黑龙江	166	7.86±2.13	
傈僳[15] (1986)	云南	205		23.8±4.14
景颇[10] (1982)	云南	496		23.21±4.34
仫佬[12] (1984)	广西	487	6.74±1.84	

表 3—6—6　　不同民族掌褶纹的百分频率（%）

民　族	例数	掌褶纹类型				
		普通型	猿　线	过渡Ⅰ型	过渡Ⅱ型	悉尼线
汉　族[6]（1986）	1 040	92.80	3.60	1.60	0.80	1.20
朝　鲜[11]（1986）	600	93.74	2.42	2.59	0.50	0.75
仫　佬[12]（1984）	487	73.64	5.94	14.48	1.48	4.46
彝　族[13]（1984）	340	36.55	5.01	27.92	1.07	2.45
苗　族[13]（1984）	355	58.33	10.59	26.13	3.11	1.84
羌　族[13]（1984）	568	76.52	1.82	18.54	2.08	1.04
藏　族[13]（1984）	1 071	78.74	3.37	9.43	6.89	1.57
仡　佬[14]（1983）	410		6.10	9.05	6.35	0.49
侗　族[14]（1983）	418		3.38	7.74	7.26	0
布　依[14]（1983）	450		3.13	7.82	5.14	0
水　族[14]（1983）	411		5.08	8.01	7.05	0.97
维吾尔[16]（1984）	1 020	96.91	0.84	1.42	0.54	0.92
哈萨克[16]（1984）	1 092	95.60	0.69	1.92	1.56	0.23
蒙　古[16]（1984）	1 032	88.37	4.07	4.51	2.37	0.68
锡　伯[16]（1984）	1 021	93.63	1.91	2.45	1.52	0.49
赫　哲[5]（1987）	166	85.54	3.92	9.94	0.30	0.30
畲　族[17]（1985）	425	78.80	1.32	12.69	6.59	0.56
裕　固[19]（1987）	346	76.91	3.51	12.06	6.01	1.52
佤　族[18]（1987）	900	70.75	2.30	18.57	6.90	1.46

三、地区差异

同一民族不同地区的人群其掌纹也存在着明显的差异。表 3—6—7 和表 3—6—8 分别列出了我国不同地区汉族人群掌纹各项指标的调查结果。

表 3—6—7　　不同地区汉族掌纹各区真实花纹出现率及 atd 角、tpd

地区	例数	各区真实花纹频率（%）					atd 角	tpd
		T/I_1	I_2	I_3	I_4	Hy		
贵州[14]	425	7.53	1.88	14.59	68.35	5.76	43.32	16.88
锦州[23]	500	4.70	2.20	5.20	65.50	10.00	38.82	
上海[6]	1 040	8.67	0.87	14.66	73.46	17.27	39.52	16.00
		8.89	1.61	15.63	66.70	12.31		
伊犁[16]	1 001	2.07	0.66	6.39	34.12	4.42	41.08	
长沙[21]	400	2.80	1.50	7.80	41.50	2.00	41.61	17.66
浙江[22]	300	11.30	1.00	4.67	57.00	13.70	40.28	17.70

续表

地区	例数	各区真实花纹频率（%）					atd 角	tpd
		T/I₁	I₂	I₃	I₄	Hy		
四川[13]	694	8.27	0.42	15.87	73.61	11.44	41.28	18.38
平均		6.79	1.27	10.60	60.03	9.61	40.84	17.32

表 3—6—8　　不同地区汉族掌褶纹各型频率（%）

地区	例数	掌褶纹类型				
		普通型	猿线	过渡Ⅰ型	过渡Ⅱ型	悉尼线
北京[20]（1986）	1 239	92.8	3.60	1.60	0.80	1.20
锦州[23]（1980）	500	88.7	1.90	4.40	1.30	3.40
西安[24]（1981）	750	78.6	4.87	11.40	2.73	2.40
苏州[25]（1981）	100	79.5	3.00	12.50	1.00	4.00
兰州[26]（1979）	630	89.84	4.28	5.56	0.16	0.16
浙江[22]（1983）	300	88.17	1.00	4.17	3.50	3.17
四川[13]（1984）	694	79.50	3.02	14.32	3.02	0.14
贵州[14]（1983）	425	80.46	3.54	10.34	4.00	1.66
南昌[27]（1982）	400	93.63	1.75	2.13	0.50	2.00
洛阳[28]（1982）	400	82.25	1.37	12.00	2.88	1.50
伊犁[16]（1984）	1 001	90.76	4.46	3.14	1.25	0.39
合计	6 439	85.84	2.98	7.42	1.92	1.82

第四节　掌纹的遗传及其在亲权鉴定中的应用

掌纹的形态在不同程度上受遗传基因的控制，其遗传方式多认为是多基因遗传。由于对其研究较少，认识不足，用其进行亲权鉴定只具有一定的参考价值。

一、大鱼际区花纹的遗传

大鱼际区的花纹以空旷区为主，真实花纹中以箕型纹为多见，偶见斗型纹。

正桥（1951）曾就 198 个家系子女 406 人研究了掌纹的遗传。比较双亲与子女的大鱼际区掌纹形态，发现双亲真实花纹出现率高时，子女的真实花纹也随之增加；双亲双方都有真实花纹时，子女具有真实花纹的频率也增加，但也有的子女不出现真实花纹；双亲双方都没有真实花纹时，多数子女不出现真实花纹，少部分子女可以出现。亲子间大鱼际区箕型纹的遗传关系见表 3—6—9。表中 L 为箕型纹，O 为空旷区和其他纹型。

表 3－6－9　　大鱼际区箕型纹的遗传

母×父	组合频度	子女频率		
		L	O	合计
L×L	0.01	1.00	0	1.00
L×O	0.14	0.38	0.62	1.00
O×L	0.14	0.38	0.62	1.00
O×O	0.70	0.08	0.92	1.00
合　计	0.99	0.17	0.83	1.00

（正桥）

二、小鱼际区花纹的遗传

小鱼际区的真实花纹较常见。柴田以有开放型纹（O）和桡箕型纹（L'）者为对象（818 家系，1 881 名子女），研究了 O、L' 出现频度及亲子关系。以双手均为 L' 者为L'Ⅱ；一手为 L'，另一手为 O 者为 L'Ⅰ；两手为 O 者为 O。则双亲不同组合所生子女纹型频率如表 3－6－10 所示。

表 3－6－10　　小鱼际 O、L' 纹型遗传关系*

双亲组合	家族数	子女数	子女表现型（%）		
			L'Ⅱ	L'Ⅰ	O
L'Ⅱ×L'Ⅱ	9	17	64.7	29.4	5.9
L'Ⅱ×L'Ⅰ	26	64	39.0	20.3	40.7
L'Ⅰ×L'Ⅰ	13	31	32.3	22.5	45.2
L'Ⅱ×O	159	351	21.4	20.5	58.1
L'Ⅰ×O	208	485	10.6	21.9	67.6
O×O	403	933	4.2	9.0	86.8

* 原表为实数，经编者换算并重新排列顺序

由表可见，由双亲一方有 L'Ⅰ或 L'Ⅱ，至双方有 L'Ⅰ或 L'Ⅱ，子女中 L'Ⅱ的频率，有逐渐增加趋势；而 O 的频率则有相反的趋势。即同型遗传性很明显。但双亲均为 L'Ⅱ，仍可生 L'Ⅰ及 O 子女；双亲均为 O，也可生 L'Ⅱ、L'Ⅰ子女。说明其遗传方式不是外显充分的单基因遗传。有人计算小鱼际真实花纹的遗传度约为 50—70%。

在真实花纹中，箕型纹的出现率最高。以 L 代表箕型纹，O 代表空旷区及其他纹型，则箕型纹的遗传关系如表 3－6－11 所示。

表 3－6－11 小鱼际区箕型纹的遗传

母 父	组合频度	子女纹型频率		
		L	O	合计
L×L	0.10	0.63	0.37	1.00
L×O	0.23	0.39	0.61	1.00
O×L	0.23	0.39	0.61	1.00
O×O	0.45	0.20	0.80	1.00
合计	1.01	0.33	0.67	1.00

（正桥）

三、主线及三叉的遗传

如前所述，在手掌中存在着 a、b、c、d 四个指三叉，其近中放射线形成了 A、B、C、D 四条主线，代表着手掌乳头线的走向。这些主线的形态受遗传因素的控制，多数子女的主线形态与双亲的主线形态相似。

四个指三叉有时会发生缺失，其中缺失最多的为 C 三叉。我国汉族 C 三叉缺失率为 5.19%，较日本人（12.5%）为低。C 三叉的缺失具有明显的遗传性，其遗传度为 98.7 ±14.19%。表 3－6－12 列出了双亲不同组合时子女 C 三叉缺失的出现情况。由表可以

表 3－6－12 父母不同组合的子女 C 三叉缺失频率（不分性别及手别）

父母组合	家族数	子女数	子女 C 三叉出现情况		
			CC	C－	－－
CC×CC	411	746	705 (94.5%)	25 (3.35%)	16 (2.15%)
CC×C－	32	58	43 (74.14%)	19 (15.52%)	9 (10.34%)
CC×－－	21	34	22 (64.7%)	6 (17.65%)	6 (17.65%)
C－×C－	1	5	4 (80.00%)	1 (20.00%)	0
C－×－－	3	4	1 (25.00%)	1 (25.00%)	2 (50.00%)
－－×－－	0	0			
总数	468	847	775 (91.5%)	42 (4.96%)	30 (3.54%)

（吕学先，1984）

看出，随着双亲 C 三叉缺失数量的增加，子女中 C 三叉的缺失数量也增加；双亲都有 C 三叉时，少数子女仍可出现 C 三叉缺失。说明 C 三叉缺失也是一个多基因遗传现象。

C 三叉缺失可以造成主线 C 的发育不良甚至缺失。主线发育不良时的遗传关系如表

3—6—13 所示。

表 3—6—13 C 主线发育不良的遗传

母 父	组合频度	子女频率（%）		
		C^+	C^-	合计
$C^+ \times C^+$	0.58	0.81	0.19	1.00
$C^+ \times C^-$	0.17	0.65	0.35	1.00
$C^- \times C^+$	0.17	0.65	0.35	1.00
$C^- \times C^-$	0.08	0.34	0.66	1.00
合计	1.00	0.71	0.29	1.00

注：C^+：双手都有良好的主线 （正桥）

C^-：至少有一只手的 C 主线发育不良

四、a—b 纹线数的遗传

古屋（1974）以总 a—bRC（即左右手 a—bRC 之和）为指标，就 115 个家族，217 个子女研究了 a—bRC 的遗传。父亲平均为 75.54±0.25，范围 53—96，低值占 63.5%；母亲平均值为 77.17±0.26，范围为 51—99，低值占 57.4%，无明显的性别差异。

a—bRC 的亲子间、同胞间、父母间（与随机人群相同）的相关系数分别为 0.40±0.04，0.38±0.08，0.09±0.09，即有肯定的遗传相关。

双亲的总 a—bRC 均为高值，则所生子女为高值者占 88.9%；均为低值，所生子女为低值者占 85.5%。双亲一方为高值，则子女高值者占 65.3%。

五、掌褶纹的遗传

掌褶纹虽然被认为是由于掌部关节屈曲活动形成的，但它的形成也受遗传因素影响。表 3—6—14 列出了横贯型掌褶纹的亲子关系。

表 3—6—14 横贯型掌纹的亲子关系

亲代通贯纹	子女数	通贯纹%			子女
		子	女	合计	普通纹（%）
父亲	55	10.9	5.5	16.4	83.6
母亲	22	18.2	9.1	27.3	72.7
双亲	7	28.6	28.6	57.6	42.8
合计	84	14.3	8.3	22.6	77.4

可以看出，不论双亲任何一方有横贯型掌褶纹，其子女的该型出现率也明显增加；双亲双方都是横贯纹时，子女横贯纹的出现率远远高于一般人群中横贯纹的出现率（7.20%）。可以认为掌褶纹的形成也受遗传基因控制，其遗传规律也有可能被用于亲权鉴定。

六、掌纹在亲权鉴定上的应用例

松永英（1964）报告一案例：原告K（16岁少年）对被告B（65岁男子）有无亲子关系。掌纹是许多检查项目之一，其结果及原说明如下。

1. 掌部肤纹公式

K　左：9. 7. 5″. 3—t′—Aᵘ. o/o. O. O. L

　　右：9. 9. 5″. 3—t′—Aᵘ. o/o. O. l. D

K母　左：7. 5″. 5′. 3—t—Aᵘ. o/o. O. O. V/L

　　右：7. 5.″5″. 3—t′—Aᵘ. o/o. O. O. L

B　左：9. 7. 5″. 3—t′—Aᵘ. o/o. O. O. l

　　右：9. 9. 5″. 4—t′—Aᵘ. o/o. O. l. O

2. 说明

(1) 主线D的走向：K母D线走向左右均为掌缘7区，K均为9区，与其母明显不同；而被告B的D走向均为9，与K相同。

(2) 主线C的走向：K母左掌纹C线终于掌缘5″区，而K则终于7区，与其母明显不同；被告B的左掌C走向亦为7区，与K相同。

K母右掌C线终于掌缘5″区，而K则终于9区，与其母明显不同；被告B的右掌C走向也是9区，与K相同。

(3) 右侧第3指间纹：K母右掌 I_3 区无真实纹型（O），K在该区有C线包绕的小箕形纹（l），与其母不同；被告B在右 I_3 区也有C线包绕的小箕形纹（l），与K相同。

3. 印象　由上述各项异同的比较，可以看到一系列的相关现象，但不能作出相加的评价。若D线左右手终于9是显性遗传，这在日本人是少见的（13%），因为B与K偶然一致的可能性是很少的。即根据掌纹的检查结果，被告B为K之父的机率是相当高的。

（林子清）

参考文献

1. 刘少聪，新指纹学。第一版，安徽。安徽人民出版社。1984；
2. Blanka Schaumann，Milton Alter（姚荷生译）。皮肤纹理与疾病。第一版。江苏：江苏科学技术出版社，1984；31.
3. 吴汝康，等。人体测量方法。第一版。北京：科学出版社。1984：145。
4. 苏应元，皮纹嵴图型与先天畸形。遗传。1979；1：21
5. 张继宗。赫哲族掌指纹特征的研究。人类学学报。1987；6（1）：28
6. 张海国，等，中国人肤纹研究。遗传学报 1981；8（1）：27。

7. Schaumann B, et al: Dermatoglyphics in medical disorders New York; Springer-Verlag. 1976.
8. 张海国。肤纹参数在 52 个中国人群中的分布，人类学学报。1988；7 (1)：39。
9. 张海国。汉族人群指纹综合分析。人类学学报：1988；7 (2)：121。
10. 金安鲁，等。云南省少数民族肤纹研究。遗传学报。1982；9 (5)：402。
11. 李印宣，等。辽宁省朝鲜族 600 例皮纹正常值的测定。遗传与疾病。1985；2 (2)：102。
12. 周家美，等。仫佬族手纹形态分析. 人类学学报，1984；3 (2)：142。
13. 李忠孝，等。四川省五个民族的手纹研究，遗传，1984；6 (6)：36。
14. 吴立甫，等。贵州省少数民族皮纹学研究。遗传。1983；5 (6)：33。
15. 郭汉壁，等。云南傈僳族人指纹和掌纹的研究。遗传。1983；5：41。
16. 艾琼华，等。新疆伊犁地区五个民族的皮纹调查。遗传。1984；6 (4)：30。
17. 章菊明，等。畲族皮纹研究。1985；遗传。1985；7 (4)：33。
18. 吕承铭，等。900 例佤族青少年的手纹研究。人类学学报。1987；6 (2)：117。
19. 戴玉景，等。裕固族皮纹学初步研究。人类学学报。1987；6 (2)：109。
20. 宋昉，等。掌褶纹遗传的家系调查。遗传。1986；8 (2)：41。
21. 余浣珍，等。我国妇女皮肤沟纹图型 400 例分析。遗传。1980；2 (3)：14。
22. 陈扬雷。浙江地区汉族三百例手纹的分析研究。人类学学报 。1983；2 (3)：272。
23. 王惠孚，等。500 例汉族青少年皮纹学调查。锦州医学院学报。1980；3：11。
24. 马慰国。西安地区 750 例人手皮纹图型调查分析。遗传。1981；3 (1)：1。
25. 陈祖芬，等。正常人手纹类型分析。解剖学报。1981；12 (1)：61。
26. 李崇高，王京美。630 例正常学龄儿童手的皮纹学观察、遗传。1979；1 (4)：7。
27. 吴兰姬，等。400 例正常成人手纹观察。解剖学通报。1982；5 (1—2)：21。
28. 黄心哲，等。400 例汉族医学生手纹类型分析。解剖学通报。1982；5 (1—2)：31。
29. 正橋武文。日本人掌紋の調査成績（第 3 報）。日本法医学雑誌。1951；5 (5)：別集：197。
30. 松永英。遺伝学から見た父子鑑定の基本原理について。日法医誌。1964；18 (4)：268—294。
31. 吕学先，等。掌指 C 三叉缺失的遗传学研究。佳木斯医学院学报。1984；3 (皮纹学专辑)：17。

第七章　足纹及其他遗传性状

第一节　足纹的遗传

一、足纹的基本知识

足纹可以分为趾纹和跖纹两部分。趾纹与手的指纹相似，而跖纹与掌纹相似。其有关的概念与标准，按《人体测量方法》一书的记载介绍如下。

（一）跖纹

跖纹是脚掌跖面的纹线。由于跖部较掌部为长，所以跖部的鱼际区分为近中区和远中区两部分。

1. 跖纹的基本结构

(1) 趾三叉 (digital triradii)：趾三叉与指三叉一样，均集中于跖前部，在第二、三、四、五趾基部各有一个三叉，分别以字母 a、b、c、d 表示。踇趾基部也有一个三叉，以

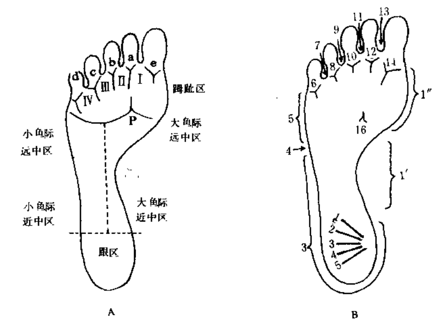


图 3—7—1　跖部花纹的分区及跖缘分区

e 表示。趾三叉的近中侧常有一个或几个三叉，称为下三叉 (lower triradii)，其中踇趾球

部（远端大鱼际区和第一趾间区）和第二趾间区结合处近中侧的一个以 P 表示。据认为下三叉与掌部的轴三叉同源。(图 3—7—1A)

(2) 跖部的花纹区：跖部的肤纹大致可以分为趾间区 (interdigital area)、大鱼际近中区 (thenar proximal area)、小鱼际远中区 (hypothenar distal area)、小鱼际近中区 (hypothenar proximal area) 和跟区 (calcar area) 五个区，其中趾间区依其所对应的趾又分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个趾间区。第一趾间区与大鱼际远中区合称为踇趾区。

(3) 跖缘的分区　跖的远中缘分区与掌部类似，即 d、c、b、a 四个趾三叉的两条远中放射线与跖缘交点之间分别为 6、8、10、12、14 区，这几个区之间分别为 7、9、11、13 区。跖腓侧缘远中部 1/3 为 5 区，尽管没有明确的界限，5 区仍可大致分为远部的 5″区和近端的 5′区；3 区占据着腓侧缘近中部的 2/3 以及整个跟缘，5 区与 3 区交界处为 4 区；胫部远中 2/3 为 1 区，进一步分为近中部的 1′区和远中部的 1″区；P 三叉处为 16 区。(图 3—7—1B)

(4) 主要跖纹线 (main line of sole)：5 个趾三叉的近中放射线可以按照掌部主要掌纹线的追踪方法描绘出主要跖纹线。

(5) 跖部的花纹类型　跖部各区的花纹与掌纹一样，可以分为空旷区 (O，也叫开型)、痕迹 (V，也叫退化型)、帐弓型 (A^t)、胫侧箕型纹 (L^t)、腓侧箕型纹 (L^f)、远中箕型纹 (L^d)、近中箕型纹 (L^p) 及斗型纹 (W)。

2. 跖纹的标记

跖纹可以采用和掌纹类似的分析方法。比较常用的项目有：

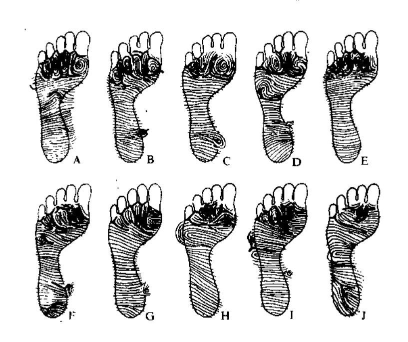
(1) 主要跖纹线公式：主要跖纹线的终止区按 D、C、B、A、E 的顺序排列即构成主要跖纹线公式。

(2) P 三叉腓侧及远中放射线终止区频率。

(3) 跖中部及近中部纹线方向分析：因为主要跖纹线一般不会流入跖中部和近中部，在分析这两个占跖大部分区域的纹线方向时，可采用数字符号法，即用数字 1、2、3、4、5 表示自腓侧至胫侧的纹线方向。(图 3—7—1B)

1——显著的近中倾斜
2——轻微的近中倾斜
3——水平横向
4——轻微的远中倾斜
5——显著的远中倾斜

(4) 跖纹类型公式 (跖式)　跖部各区花纹类型按踇趾区、第二、三、四趾间区、小鱼际区、跟区、大鱼际近中区的顺序排列即构成跖纹类型公式。其中小鱼际区可使用双重公式，即远中区花纹类型写在前面，近中区写在后面，其间以斜线分开，当近中和远中花纹融合在一起时，就以单个符号表示。图 3—7—2 举例说明跖纹类型公式



A：$W.L^{d}.\ L^{d}.\ L^{d}.\ L^{t}/L^{t}.\ O.\ V.$；　　B：$W.\ L^{p}.\ W.W.V.O.L^{t}.$；

C：$W^{sm}.O.\ L^{d}.\ L^{p}.\ V.\ O.\ L^{t}.$；　　D：$W^{dl}.\ O.\ L^{d}.V.L^{t}.O.V/V.$；

E：$W^{cp}.W.\ W.\ L^{d}.\ V/O.\ O.\ O.$；　　F：$L^{d}.\ V.\ L^{p}.O.W/V.L^{t}.\ L^{t}.$；

G：$L^{t}.O.\ O.\ O.\ O.\ V.\ V.$；　　H：$L^{f}.\ V.\ W.O.L^{t}/O.O.O.$；

I：$T^{d}.L^{p}.\ W.\ W.\ L^{t}/L.\ O.\ V.$；　　J：$O.\ L^{d}.\ O.O.L^{t}.\ L^{t}.\ O.\ W^{sm}$。

W^{sm}代表一种斗形，其同心圆圈突然中断，许多纹线垂直地终止于纹线系统的一部分。

图 3—7—2　跖纹类型公式

(Cuminins H, Midlo C, 1961)

（二）　趾纹

在脚趾末节跖面见到的花纹类型基本和指端的花纹类型相同，其分析方法和纹型代号也相同，只是箕型纹的尺箕（L^{u}）和桡箕（L^{r}）改为胫侧箕型纹（L^{t}）和腓侧箕型纹（L^{f}）。

二、足纹的频率分布

（一）趾纹

1. 各型趾纹的频率分布　趾纹的频率分布调查资料较少。中国人与美国白人的调查结果如表 3—7—1。显示种族的差别不明显，相形之下倒是南北汉族差异显著，由于资料少尚难作出确切的判断。但是这些资料的共通点是，趾纹中以箕型纹为最多，箕型纹中又以腓侧箕形纹占绝对多数。斗型纹及弓型纹相对少见。不论哪一型趾纹均无明显的性

差。

表 3—7—1　各型趾纹的频率分布

类型		安徽（花兆合等）		西安（马慰国）		美国白人	
		男性（194 例）	女性（178 例）	男性（200 例）	女性（200 例）	男性（200 例）	女性（200 例）
W		14.07	11.91	7.67	6.25	11.5	7.0
	W^s	5.31	4.78				
	W^d	8.76	7.13				
L		63.45	66.01	86.67	85.74	82.5	86.5
	L^t	3.14	3.88	3.67	5.18	6.0	3.0
	L^f	60.31	62.13	83.00	80.56	76.5	83.5
A		22.47	22.08	5.67	7.99	6.0	7.5
	A^s	15.72	14.78				
	A^t	6.75	7.30				

2. 趾纹频率的趾别差异　就各个足趾的各型频率而言，男女两性的分布也是一致的。但 W^s 和 W^d 多见于第 3 趾，L^f 多见于第 2 和 1 趾；L^t 以第 1、4 趾为最多；A^t 则以第 5、4 趾为最多。（表 3—7—2）

表 3—7—2　各趾各型趾纹的频率分布　(n=372)

类　型		足趾 1	2	3	4	5	合计
左足							
	W^s	4.5	2.5	8.3	3.4	0.8	3.9
	W^d	5.9	1.6	27.2	11.5	1.6	9.6
	L^f	61.0	84.9	51.5	47.5	46.8	58.3
	L^t	10.0	3.6	3.2	7.4	1.7	5.1
	A^s	12.7	6.7	5.4	15.9	21.6	15.6
	A^t	5.8	1.7	4.4	14.4	12.1	7.5
右足							
	W^s	3.0	3.3	16.2	6.7	1.9	6.2
	W^d	6.5	2.4	15.0	7.1	0.8	6.3
	L^f	70.6	85.3	60.9	56.1	47.5	64.1
	L^t	3.1	0.6	1.1	4.8	0.3	1.9
	A^s	9.5	5.2	4.2	19.7	36.2	15.0
	A^t	7.6	3.2	2.7	5.8	13.4	6.5

（花兆合等，1988）

（二）跖纹

1. 蹋趾区各型花纹频率

蹋趾区花纹共有 4 型 10 类（表 3—7—3）。各类型中以远箕型纹为最多，女性稍多于男性。其次是斗型纹，主要是真斗，有的地区似乎男性多于女性。

蹋趾区花纹的分布无明显的左右侧别差异。同种花纹相对应者多达 75%，其中主要是 L^d/L^d，占 45%；W/W 占 21%；L^t/L^t 占 4.2%；A^t/A^t 占 2.3%。

表 3—7—3　　蹋趾区各型花纹频率（%）

类型	上海（张海国）		安徽		西安		美国白人	
	男（520）	女（520）	男	女	男	女	男	女
胫帐弓（TA^t）	0.77	0.67	5.93	3.09	2.75	1.25	0.5	1.5
远弓（A^d）	2.02	1.73	0.77	1.69	0.00	0.00	0.0	0.0
近弓（A^p）	2.02	1.54	0.52	0.28	0.75	1.50	2.5	1.0
胫弓（A^t）	4.90	3.46	0.00	0.00	1.25	1.75	1.0	0.5
腓弓（A^f）	1.35	1.06	0.77	0.56	2.00	2.50	3.5	5.5
远箕（L^d）	51.73	54.71	46.13	61.24	59.00	63.25	51.5	56.0
近箕（L^p）	0.19	0	0.26	0.28	0.00	0.00	0.0	0.0
胫箕（L^t）	7.50	7.21	9.28	8.71	7.25	6.25	12.0	8.5
腓箕（L^f）	0.10	0.29	0.52	0.00	0.00	1.25	1.0	0.0
真斗（W^s）			34.02	23.88				
	29.23	29.13			27.00	21.25	30.5	31.5
双箕斗（W^d）			1.80	0.28				
复合型（C）	0.19	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0

2. 小鱼际与足趾间区真实花纹频率　小鱼际的真实花纹主要存在于远中区。其中以 L^t 为最多，L^d 和 L^f 较少见。其出现率大约在 10—20%之间。男性多于女性。约有 5.8%的个体，其左右足都有小鱼际花纹。

表 3—7—4　　小鱼际与足趾间区真实花纹频率（%）

部　位	安徽男性			安徽女性			上海	
	左	右	计	左	右	计	男	女
小鱼际远中区	17.53	18.04	17.78	7.87	11.80	9.83	12.89	9.04
小鱼际近中区	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
足趾间								
I_2	5.15	9.79	7.47	7.30	6.18	6.74	9.62	9.04
I_3	43.30	46.39	44.85	51.69	44.38	48.03	55.19	45.50

续表

部 位	安徽男性			安徽女性			上海	
	左	右	计	左	右	计	男	女
I_4	8.76	9.28	9.02	14.04	8.99	11.52	7.69	3.75
I_2/I_3							1.44	1.73
I_3/I_4							0.29	0.10

趾间区的真实花纹以 L^d 为最多（12.8%），L^p 很少（0.5%），W 最少（0.14%）。真实花纹主要存在于 I_3 区，其频率约为 50%。左右足在 I_3 区都有 L^d 者约占 40%。有大约 40%的个体在各趾间区都没有真实花纹。有极少数个体在 I_2、I_3、I_4 趾间区都有花纹，花兆合等发现 $L^dL^dL^d$、$L^pL^dL^d$ 和 $W^sW^sW^d$ 各 1 例。

3. 其他跖区 足弓区多为横纹或斜横纹，真实花纹很少，多数为 L^t，个别的有 L^d/L^d 和 L^f/L^f 复合纹。真实花纹频率大约为 1—3%。大鱼际近侧区未发现有真实花纹。足跟区也大多是横纹和斜纹，真实花纹频率极低，不到 1%。主要是 L^t，个别的见有三角纹。

三、足纹的遗传

足纹的遗传研究资料甚少，据神田（1970）、森崎（1971）等研究，有以下一些事实值得注意。

（一）踇趾 A 型与 W 型纹的遗传

若双亲双侧踇趾均为 A 型，以 A_4 表示，则子女 A 型出现率为 75.8%；同样，A_3 时为 74.4%；A_2 时为 51.3%；A_1 时为 48.0%；A_0 时为 19.4%。

若双亲双侧均为 W，即 W_4，子女 W 型出现率为 83.3%；同样，W_3 时为 81.8%；W_2 时为 32.1%；W_1 时为 21.9%；W_0 时为 18.5%。

上述结果表明踇趾 A 型及 W 型纹有肯定的遗传关系。

（二）趾间纹 O 型及 L 型的遗传

若双亲双侧趾间纹均为 O 型，以 O_4 表示，则子女（双侧）O_2 型出现率为 89.4%；若双亲为 O_0，则子女 O_2 型为 0%。

若双亲双侧趾间纹均为 L，以 L_4 表示，则子女 L_2 型出现率为 100%；若双亲为 L_0，则子女为 3.05%。

上述结果表明，趾间纹在亲子间也有明确的遗传关系。

（三）小鱼际纹 H 型与 O 型的遗传

以小鱼际有真实花纹者为 H，无真实花纹者为 O。双亲与子女的相关关系如表 3—7—5。显示双亲组合 H 或 O 型愈多，在子女中同型的出现率就愈高。表明亲子间有肯定的相关关系。

表 3—7—5　双亲 H 型组合与子女 H 型频率（%）

H 足数	双亲组合	家系数	子女（%）			
			例数	HH	HO	OO
H_4	HH×HH	14	25	48.0	16.0	36.0
H_3	HH×HO	18	26	42.3	27.0	30.7
H_2	HH×OO HO×HO	72	125	24.8	22.4	52.8
H_1	HO×OO	57	94	15.9	15.9	68.0
HO	OO×OO	169	283	6.3	8.2	85.5
	计	330	553	15.7	13.9	70.3

（四）三叉线的遗传

一般以有三叉线者为 d，无三叉线者为 d_0，其频率高达 46.8%；其次以有 1 条三叉线者为 d，占 44.9%；有 2 条者为 dd，占 7.8%；有 3 条者为 ddd，占 0.5%。

今以双亲双侧均有三叉线为 d_4，则子女双足均为 d 者占 52.6%；双亲为 d_3，子女为 54.3%；双亲为 d_2，子女为 39.4%；双亲为 d_1，子女为 23.3%；双亲为 d_0，子女为 18.5%。

上述结果表明，三叉线也有肯定的亲子相关关系。

（五）踇趾区纹的遗传

按 Wilder 及 Wentworth 分类法将踇趾区纹分为 5 类：A、B、C、O、W，分别相当于远箕（L^d）、胫箕（L^t）、腓箕（L^f）、非真实花纹和斗型纹。根据双亲双侧某一型纹的不同组合情况，其子女相应型纹的出现情况如表 3—7—6。表中以双亲双侧踇趾区均出现 A 型者为 A_4 均出现 W 型者为 W_4，均出现 B 型者为 B_4，均出现 O 型者为 O_4。C 型为频率很低的一型，因例数过少而未列入。由表可见，子女的各型出现率，随双亲相应纹型的增多而增多；随双亲相应纹型的减少而减少，亲子间的相关关系是相当明显的。

表 3—7—6　　蹑趾区纹的亲子相关　　（子女相应纹型%）

A型			B型			W型			O型		
双亲	子女数	A%	双亲	子女数	B%	双亲	子女数	W%	双亲	子女数	O%
A_4	124	75.8	B_4	3	66.6	W_4	15	83.3	O_4	0	0
A_3	88	74.4	B_3	10	25.0	W_3	16	68.7	O_3	3	66.7
A_2	214	51.9	B_2	77	32.4	W_2	136	32.0	O_2	64	20.3
A_1	55	41.8	B_1	84	14.8	W_1	97	21.6	O_1	59	18.6
A_0	72	19.4	B_0	364	4.8	W_0	289	18.5	O_0	427	4.2
计	553			(553)*			553			553	

* (553) 是合计例数，与表中子女数不符，原文如此。

四、足纹在亲权鉴定中的应用问题

足纹与掌纹一样，迄今尚乏可信的遗传学的解析，因此在亲权鉴定中只能依其相似性进行比较，所得结果供综合判断时参考。比较时应先找出母子间的不同点，然后就各个不同点与可疑男人的结果比较，确定其间的异同。应当注意，在被比较的符号不同时，要考虑二者间有无相似性，因为有遗传变异的可能性，切忌单纯根据纹型符号不同作出否定的结论。即使纹型的符号相同，也要仔细观察其形态的相似性。有时无亲子关系的人符号可能相同，但对比纹型结构，总会发现某种不相似之点；而真正的亲子关系则纹型的相似之点甚多。

对于母亲所没有，又与可疑男人一致的纹型，要结合该纹型的一般人群出现率来考虑亲子间相关程度的大小，对于那些少有的特别是稀有的纹型，用于估价亲权关系将有重要的意义。

（贾静涛　林子清）

第二节　容貌相似程度

在日常生活中，人们常常会发现：在亲子之间，同胞之间，甚至堂兄弟之间，其容貌的某些特征非常相象。子女达到一定年龄时，与其父亲或母亲在相同年龄时的形象很相似。这种现象是由遗传决定的，但其遗传机制还很不清楚，目前只是对某些特殊的遗传标记如双眼皮、酒窝等的遗传进行了探索。因而，根据容貌的相似程度进行亲子鉴定时，能够成为检查主体的只有那些特殊的遗传标记。

一、Poljakoff 容貌相似度检查法

poljakoff 容貌相似度检查方法首先是比较亲子间的脸型、耳型、眼型、鼻弯曲度、口

的大小及其他项目，依主观感觉判断是否相似。相似时以“＋”号标记，不相似时以“－”号标记，难以确定时用“±”号标记。然后对每个遗传标记赋以数值：“＋”号赋以 1 分，“－”号赋以 0 分，“±”号赋以 0.5 分。综合这些得分，分别计算父亲或母亲与子女各得分的比例，即计算类似率，依类似率的大小判定亲子关系。Poljakoff 用这种方法计算了不同年龄组的子女与其父亲或母亲的类似率（表 3—7—7），结果在乳幼儿的类似率就已经超过了 40%，而一般人群的类似率只不过为 25%。在 40%以下时不能判定其亲子关系。

表 3—7—7　　特定容貌特征的亲子类似率（%）

年龄组	性别	与父亲的类似率	与母亲的类似率
	男孩	43.2	41.2
1 岁以内	女孩	46.3	44.7
	合计	44.75	42.95
	男孩	46.6	48.1
1—3 岁以内	女孩	53.4	46.3
	合计	50.0	47.2
	男孩	45.9	49.1
	女孩	52.8	48.4
	合计	49.35	48.75
合计		47.17%	

表 3—7—8 为应用举例，表 3—7—9 为亲子间常见的特征。

表 3—7—8　　Poljakoff 检查法举例

项目	子女	母		第一嫌疑男		第二嫌疑男	
头　型	长椭圆	椭圆	±	长椭圆	＋	圆型	－
脸正面	鸭卵型	鸭卵型	＋	鸭卵型	＋	五角型	－
脸侧面	长卵圆型	长卵圆型	＋	卵圆型	±	长卵圆型	＋
眉　毛	浓　厚	薄	－	中　等	±	薄	－
眼的位置	水　平	外　上	－	水　平	＋	水　平	＋
眼间隔	宽　广	宽　广	＋	中　等	±	狭窄	－

与母亲的类似率$=\frac{3.5}{6}\times 100=58.33$，

与第一个嫌疑人的类似率$=\frac{4.5}{6}\times 100=75.00$

与第二个嫌疑人的类似率$=\frac{2}{6}\times 100=33.33$

可见第一个嫌疑人是父亲的可能性比第二个嫌疑人大。

表 3—7—9　双亲一方与子女间常出现的特征

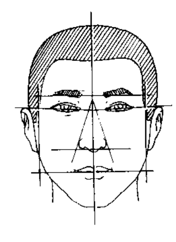
特　征	双亲一方	双亲另一方	子　女	家族数	人数
脸　型	角　型	卵圆型	角型或类似角型	6	33
额　部	突出型	普通型	突出型	15	91
眉　毛	浓　密	浓　密	浓　密	8	43
眉　尖	外　上	水　平	外　上	12	65
眼　裂	外　上	水　平	外　上	7	42
眼　睑	下　垂	半下垂	下垂或半下垂	15	90
耳　型	四角型	卵圆或圆形	四角形	4	27
耳　壳	不规整	规整或不规整	不规整	26	157
耳　垂	向前下	水　平	向前下	9	47
对耳屏	突出型	突出或普通型	突出型	19	99
达尔文结节	存　在	存在或缺失	存　在	36	220
鼻　梁	凹　陷	普　通	凹　陷	8	44
鼻　脊	钩　型	卵圆、双圆型	钩型	13	70
口　角	上向型	双重型	下向型	8	41
下　颏	突　出	普　通	突　出	4	71
下　颏	后　退	普　通	后　退	3	41
肤　色	红　色	黄红色	红　色	6	35
毛　发	卷　缩	卷　缩	卷　缩	34	194

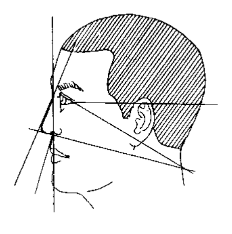
二、根据照片进行容貌相似度的检查

Poljakoff 检查法的检测项目很多，但其结果受主观因素的影响较大。为了消除这种误差，可以用颜面正侧位像片按规则测量某些特定的长度和角度，将子女的测量值与父亲、母亲及父母的平均值进行比较，观察有百分之多少的差异，将该差值数量化，依其综合得分（相似度）来判定亲子关系。

用这种方法计算的相似度，在具有亲子关系的人群中几乎没有 60%以下的，在不具有亲子关系的人群中，也罕有 80%以上者。这种方法的各测量项目都是很客观的，很少受主观因素影响。

这种检查法的常用测量项目如下（图 3—7—3）。





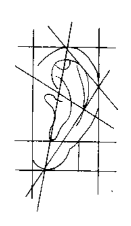


图 3—7—3　照片上的常用测量项目

（松倉）

1. 颜面正位像

（1）眼内角间宽/眼外角间宽

（2）眼裂宽（左）/眼外角间宽

（3）眼裂宽（右）/眼外角间宽

（4）瞳孔间距/面宽

（5）鼻宽/鼻高

（6）与颜面正中线对应的眼的倾斜度（左）

（7）与颜面正中线对应的眼的倾斜度（右）

（8）正面鼻三角的顶角

（9）与颜面正中线对应的口唇闭合缝的倾斜度（左）

（10）与颜面正中线对应的口唇闭合缝的倾斜度（右）

2. 颜面侧位像

（11）耳宽/耳长

（12）耳上点高/耳长

（13）耳垂长/耳长

（14）耳垂宽/耳宽

（15）耳屏高/耳长

（16）耳轮角

（17）耳轮脚倾斜角

（18）耳长轴倾斜角

（19）鼻背角

（20）鼻尖角

（21）上唇倾斜角

（22）对耳外眦角

（林子清）

第三节　PTC 味盲与耳垢型

一、PTC 味盲

（一）PTC 味盲的概念

苯硫脲（phenylthiocarbamide，PTC；phenylthiourea，PTU）因其分子中含有硫代酰胺基 —N—C═S 而有苦味。人类对 PTC 溶液的尝味能力有显著的差异，多数人能尝出其苦味，少数人则尝不出或对之极不敏感。Fox（1932）称前者为 PTC 尝味者（taster），后者为 PTC 不尝味者（non-taster）或味盲（taste blindness）。PTC 味盲者同时对含有硫代酰胺基的抗甲状腺物质，其味觉均不敏感，但对其他苦味物质，如硫酸奎宁、苦味酸等仍是敏感的。

PTC 分子式　$C_6H_5NHCSNH_2$

PTC 结构式　$C_6H_5-N(H)-C(NH_2)=S$

（二）PTC 味盲的检验方法

检测 PTC 味盲有不同的方法，如结晶法、纸片法、阈值法等。目前公认以阈值法较为可靠。此法为称取 0. 65g PTC 结晶放入500ml 水中加热（60℃，40min）溶解配成0. 13％原液为1号液；取1号液250ml 加等量双蒸馏水为2号液，依次倍数稀释直到14号液。最后用双蒸馏水做15号液。将上述溶液装入形状、大小、颜色相同的瓶内。

受检者取坐位，仰头张口伸舌，用滴管将某号液0. 5ml 滴于其舌背中部，令其品尝。一般从15号液开始，依次给14号液、13号液、……。如发现异常味觉，即以双蒸馏水做反复对比，直到其准确尝出苦味为止，确定此液为其尝味阈（taste threshold）。

（三）尝味能力的分布

不论民族与性别，尝味能力均呈双峰分布（表3—7—10），这一点与唾液的分泌能力一样，是很有趣味的。味盲的峰值在“<1”号液处，尝味者阈值集中于6—11号溶液之间，峰值在8—9号液处。谷底通常在2—4号液处，因群体不同而略有差异。可取3号液（或4号液）作为味盲与尝味者的界限。尝味阈值等于或低于3（或4）号溶液的为味盲，其余为尝味者。编者由文献中收集到中国汉族等19个民族的尝味能力调查资料，共8 930例，其双峰

分布如图3—7—4。以尝味阈值≤3号溶液的为味盲，得中国人味盲率为12.09±3.45%，无性别差异。

表3—7—10　　几个民族的PTC尝味阈值分布（%）

PTC 等级	汉族 (547例)	藏族 (613例)	回族 (700例)	朝鲜族 (573例)	黎族 (585例)
14			0.3		0.3
13	0.5	2.6	0.3	0.3	0.5
12	1.1	2.8	0.3	2.6	3.2
11	4.4	3.4	3.0	7.9	7.2
10	15.7	9.8	12.4	28.8	24.4
9	29.1	20.4	25.7	26.0	31.5
8	24.5	28.2	22.4	13.1	14.7
7	10.2	8.6	13.7	5.4	8.0
6	2.6	5.5	5.6	1.0	3.8
5	1.6	3.9	2.3	1.9	1.0
4	0.5	2.3	1.1	1.0	0.7
3	1.3	1.0	0.7	0.5	0.2
2	1.5	1.0	0.4	1.6	0.3
1	2.6	2.0	3.1	4.4	1.2
<1	4.4	8.5	8.6	5.4	2.9

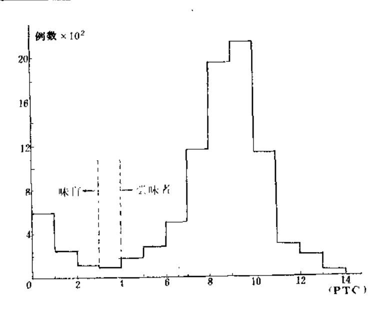


图3—7—4　中国人尝味能力的频度分布

（贾静涛　1990）

根据多数调查结果，味盲的发生率和平均尝味阈值有显著的民族的和种族的差异，如表3—7—11、表3—7—12所示。

表3—7—11　　中国不同民族味盲率及隐性基因频率（t）

民族（地区）	调查人数	味盲率（%）	隐性基因频率	平均尝味阈值
汉族　北京[11]	547	9.69	0.3113	8.65±1.37
兰州[9]	538	10.96	0.3312	8.95±1.64
福州[12]	500	13.20	0.3633	
撒拉[9]	1 077	8.54	0.2923	8.09±1.37
保安[9]	545	5.14	0.2267	8.86±1.57
鄂温克[11]	775	15.10	0.3886	7.27±1.53
回（宁夏）[11]	700	12.86	0.3586	8.32±1.48
藏[11]	615	12.40	0.3521	8.39±1.82
朝鲜[11]	573	11.87	0.3445	9.16±1.46
蒙古[11]	521	10.75	0.3279	8.46±1.32
苗[11]	358	10.34	0.3216	8.17±1.53
东乡[11]	399	10.28	0.3206	8.24±1.27
达斡尔[11]	589	10.20	0.3193	7.97±1.46
羌[11]	521	9.79	0.3129	8.36±1.60
彝[11]	504	6.94	0.2635	8.75±1.53
黎[11]	585	4.62	0.2150	9.03±1.50
鄂伦春[11]	305	9.18	0.3030	7.39±1.42
瑶[8]	541	6.10	0.2470	8.85±2.38
哈萨克[9]	161	19.25	0.4388	7.88±2.04
裕固[9]	486	23.04	0.4810	8.07±1.66
土[9]	801	18.35	0.4284	7.74±1.64

表3—7—12　　不同种族的味盲率比较

群　体	例　数	味盲率（%）	报告人
黄种人			
中国人	8 930	12.09	本书综合
日本人	295	7.1	Saldanha　1958
白种人			
英国人	441	31.5	Harris, Kalmus 1949
南斯拉夫人	406	33.0	Grünwald 1962

续表

群 体	例 数	味盲率（%）	报告人
挪威人	266	30.5	Merton 1958
芬兰人	202	29.2	Allison 1952
苏联人	640	19.6	Ibraimov 1979
黑种人			
班图人	208	3.8	Allison 1951
西非人	74	2.7	Harnicot 1950
印地安人（巴西）	163	1.2	Kalmus 1950
澳大利亚土著	152	49.0	Valls 1958

（四）尝味能力的遗传

自 Fox(1932)发现人类尝味能力的差异后，同年，Blakesle 根据家族调查肯定了 PTC 尝味与味盲的遗传性。尝味者是显性基因的纯合子（TT）或杂合子（Tt），味盲是隐性基因的纯合子（tt）。尝味者对味盲者是单基因显性遗传。其亲子遗传关系如表3—7—13。

隐性基因计算公式：

$t=\sqrt{味盲人数/N}$

表3—7—13 尝味能力的遗传

双亲组合	可能有的子女	不可能有的子女
T×T	T，t	—
T×t	T，t	—
t×t	t	T

按此公式计算中国人的隐性基因频率为 t＝0.3478，显性基因频率 T＝1－t，T＝0.6522。

由表3—7—13可见，凡双亲为味盲者，其子女不可能有尝味者。尝味能力的非父排除率（EPP）为0.95%。

二、耳垢型

耳垢型是依耳垢（盯眝，cerumen）的干湿来判定的（市田）。以湿润型为 W，干燥型为 w，湿润型对干燥型为孟德尔显性遗传。其亲子关系如表3—7—14。凡双亲为 w，不可能有 W 型子女。

表3—7—14　　耳垢型的亲子关系

双亲组合	可能有的子女	不可能有的子女
W×W	W，w	—
W×w	W，w	—
w+w	w	W

（贾静涛）

参考文献

1. 吴汝康等编著。人体测量方法。第一版。北京：科学出版社。1984：151。
2. Blanka Schaumann，Milton Alter 著，姚荷生译。皮肤纹理与疾病。江苏：江苏科学技术出版社，1984：45。
3. 花兆合，等。青少年的足纹研究，人类学学报，1988；7（4）：346。
4. 马慰国。西安地区400例人足底纹型调查分析。遗传。1981；3（2）：8。
5. 吴立甫，等。贵州省少数民族皮纹学研究。遗传。1983；5（6）：33。
6. 松倉豊治編著。法医学。增補第二版。大阪：永井書店。1979：372。
7. 宮内義之介編著。法医学。第八版。東京：文光堂。1978：123。
8. 杨贵彬，等。广西541例瑶族苯硫脲味盲的调查。遗传。1988；10（3）：36。
9. 张让，等。甘肃、青海十个民族中苯硫脲尝味能力测定。人类学学报。1988；7（4）：353。
10. 马慰国，等。1476例回族苯硫脲味盲率的比较分析。遗传。1988；10（4）：34。
11. 徐玖瑾，等。中国不同民族中苯硫脲味盲基因频率的研究。遗传学报。1982；9（4）：308。
12. 王惠孚，等。500例汉族青年苯硫脲尝味能力的测定。遗传。1982；4（4）：34。
13. 刘鸿权，等，新疆地区七个民族苯硫脲味阈的测定。生理学报。1980；32（3）：282。
14. 董秀石，等，新疆伊犁地区蒙古族苯硫脲尝味能力的测定。生理学报。1984；36（5）：491。
15. 李长潇。宁夏回族苯硫脲尝味能力的测定。遗传。1983；5（1）：35。
16. 孙浩宁，等。云南白族及纳西族苯硫脲味盲频率的分析。遗传　1984；6（2）：31。

第四篇 毛 发

PART 4 HAIRS

第一章 毛发的基础知识

第一节 毛发的概念与分部

1. 毛干 2. 表皮 3. 立毛肌
4. 皮脂腺 5. 外根鞘 6. 内根鞘
7. 毛球 8. 毛乳头

图 4—1—1 毛根部纵断面示意图
(引自 Ferner et al)

一、毛发的概念

毛发(hairs)是由表皮基底层细胞分化生成的角质性附属器官;是由哺乳动物的皮肤毛囊长出,主要由角蛋白构成的细长线样结构。

二、毛发的分部

(一)根据大体形态的分部

根据毛发的大体形态可分为3部分:毛干、毛尖和毛根。(图4—1 1)

毛干(hair shaft)是突出皮肤以外的部分。除睫毛外,人体所有毛发都是以一定的倾斜面长出皮肤以外,表明毛发有一种平卧于皮表的

倾向。其尖端总是指向后方或下方。

毛尖(hair tip)是毛干的游离末端,毛干向毛尖逐渐变细而尖。

毛根(hair root)是毛干埋在皮肤中的部分,呈长纺锤形。毛根的末端膨大呈球形,称为毛球(hair bulb)。毛球的末端凹入,所包绕的部分真皮组织,称为毛乳头(hair papilla)。毛根周围有皮肤组织包裹,形成管状鞘,称为毛囊(hair follicles)。

(二)根据显微结构的分部

1. 毛干由外向内分为 3 层:毛小皮、皮质和髓质。(图 4—1—2)

2. 毛囊由内向外分为 3 层:内根鞘、外根鞘和结缔组织鞘。

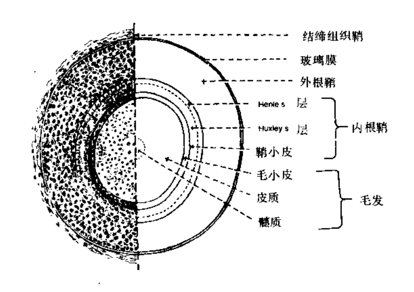


图 4—1—2　毛根部横断面示意图

(引自 Garven)

(三)根据毛发的生长部位划分

除以下部位外,毛发分布于所有的人体表面:口唇、手掌、足跖、阴茎包皮内面、龟头和阴蒂。

根据毛发生长的部位划分有:头发、眉毛、睫毛、鼻毛、耳毛、胡须、腋毛、胸毛、阴毛、腿毛、臂毛等。其中尚有长毛与短毛之分。

(四)其他

根据毛发的粗细与硬度尚分为:毳毛(lanugo)、细毛(软毛、毫毛,vellus)和硬毛(hard hair)。前二者较细,色淡,毛髓质缺如,其他的解剖学结构无太大差别。

第二节 毛发的发生

一、毛胚的发生

人体各部位毛发的发生时间并不是一致的,大约在胚胎2个半月,原始毛胚(或原始毛囊)首先出现于额部和眉部;3个月末出现于上唇和头皮有发部位;4个月末,根据皮肤的生长程度,在早期毛胚之间又形成新的原始毛胚。5个月胎儿,胎毛已见于头、背、胸、腹和四肢,并有3—4根毛发成簇生长。

毛胚的发生始于表皮。在胎生期1—2层表皮的下方,首先出现一些间叶细胞,称为毛胚间叶细胞(hair germ mesenchymal cell)。这些细胞互相借桥粒(desmosome)样结构相连,细胞浆内可见有粗面内质网。

同时,表皮的生发层细胞增生,增生的表皮细胞逐渐向真皮中膨出,形成毛胚(hair germ)。毛胚细胞进一步分裂,并以毛胚间叶细胞群为先导,向真皮内突入,形成毛胚茎(hair peg)。

以后毛胚茎中心部的细胞坏死,开始形成毛管(hair canal)。在毛胚茎的侧壁开始形成毛隆起和顶浆分泌腺与皮脂腺的胚芽。毛胚茎的末端凹入,包裹前述的毛胚间叶细胞群,全体膨大,成为毛球。被包裹的细胞群形成毛乳头。同时,在包围毛管的细胞中出现毛透明蛋白颗粒(trichohyaline)和板层颗粒,发生角化,形成毛管壁。毛乳头上方的一层细胞形成毛母质,由毛母质分化形成的细胞,向上生长,角化,形成毛发。

这种由表皮发生的毛发只见于胎生期,不见于出生后。出生后头发的新生受毛发生长周期的制约,并与既存的毛孔、毛囊相一致。

二、毛发的生长

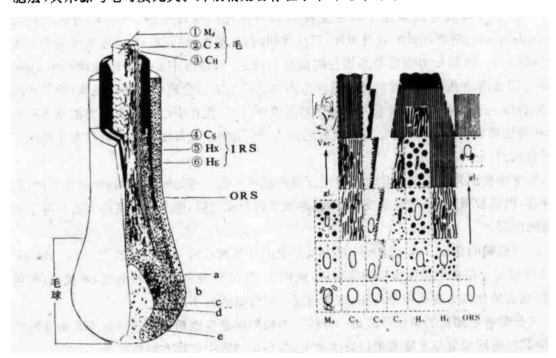
(一)毛球的结构与毛发的生长

成长期的毛囊特点是其下端膨大形成毛球(hair bulb)。毛球中有毛母质(hair matrix),由毛母细胞(hair matricyte)分化生成毛发的3层(髓质、皮质与毛小皮)和内根鞘的各层细胞。在毛球以上,生长中的毛发不继续进行细胞分裂,而是在毛囊的上部发生角化。

成长期的毛根,由立毛肌附着部(毛隆起)起分为上下二部,上部为恒定部,下部为变动部。后者是在毛发生长周期中发生显著变化的部位。

毛球以其最宽部为界，分为下部毛球与上部毛球。两部的细胞形态有明显的差异。两部的交界线称为 Auber's 线。

一般认为毛母细胞是围绕毛乳头的一列未分化细胞。由位于该层顶点的细胞分化生成髓质；由位于毛球上 2/3 的细胞群分化生成皮质；由位于下 1/3 的细胞群分化生成内根鞘(图 4- 1　3)。毛小皮与鞘小皮来源于后两区之间。外根鞘相当于表皮的基底层和棘细胞层，其来源与毛母质无关。外根鞘是否存在于下部毛球的外围，尚无定论。



Md. 髓质　Cx. 皮质　CH. 毛小皮　Cs. 鞘小皮　Hx. Huxley's 层　HE. Henley's 层　IRS. 内根鞘　ORS. 外根鞘　a. 黑素细胞　b. Auber's 线　c. 毛母细胞　d. 毛乳头　e. 毛细血管

图 4—1—3　毛根下半部立体模式图

（引自桥本谦）

gl. 糖原　Vac. 容泡　其他代号见左图

图 4—1—4　毛发及毛囊角化模式图

（引自桥本谦）

生长中的毛发由毛乳头接受血液供给的营养。

(二)毛发的角化

毛发是角质的皮肤附属器，角化结果形成硬的角蛋白。在毛囊中，内根鞘的角化比毛发为早，但其产生的角蛋白比毛发的硬角质为软。角化的内根鞘形成硬的管道，有助于处于柔软状态的毛发的造型。

毛发处于毛囊下部时，其皮质细胞及核都是圆形的。在其向毛囊上部生长中，由于来自下方的压力以及硬直的内根鞘的限制，皮质细胞逐渐变长，至毛发完全形成时，其长度约当于宽度的 20 倍。皮质细胞的这一形态变化是与角化过程相伴随的，其逐渐变长也逐

渐变硬，直至最后死灭。毛发开始角化的部位，大致从长到毛囊的1/3处开始，与其下方的细胞性柔软的根部以及上方的硬的角质部有明显的界限。

毛组织的角化，主要是皮质、毛小皮与内根鞘各层细胞的角化。三层的角化各有自己的独特形式，既不同时发生，角化的位置也有差异。一般以内根鞘的Henle's层角化为最早，其次是毛小皮与鞘小皮大致同时角化，再次为皮质，最后为Huxley's层角化。

毛组织的角化形式有以下3种：(图4—1—4)

1. 皮质纤维成分的角化　即在皮质细胞中首先出现纤细的纤维，称为张力细丝(tonofilament)。随着细丝的数目增加，借纤维间物质(基质、粘固质)粘合形成张力原纤维(tonofibril)。现知张力细丝是角蛋白的前身物质之一，是由中心两条原细丝(protofilament)，周边围绕九条原细丝而构成的。张力细丝借基质粘合成角化的纤维束，就是角蛋白(Keratin)的一种构型。尚未完成角化的张力原纤维，仅在中心部见有张力细丝平行排列，在周边部则迂曲存在；角化进行较好的张力原纤维中，张力细丝都是整然有序地成束平行排列的。

2. 毛小皮的角化　其角化形式是仅出现颗粒状物质。开始时，这种物质是小形的、散在存在，以后数量增加，呈丝状成层排列，并相互融合成二层：电子密度高的外层与电子密度低的内层。

3. 内根鞘的角化　其角化形式是出现纤维成分与滴状的毛透明蛋白(trichohyaline)。纤维成分是由毛透明蛋白中流出的，成束状。由于纤维间物质(粘固质)不成熟，到角化时，也能见到张力细丝单个存在，这是与皮质的纤维成分不同的。

内根鞘各层细胞的角化形式是一样的。内根鞘细胞变成角化细胞伴有形态的急剧变化，即其细胞质成分与毛透明蛋白突然消失、在角化细胞中仅存在纤维成分。

(三)中心髓质

在周围的皮质细胞角化时，髓质细胞也失去核，但并不发生皮质细胞那种程度的角化，其角质蛋白柔软，很像内根鞘。过去曾认为髓质的形成是角化失败的结果，实质上并不这样简单，因为髓质细胞与皮质细胞在所有的水平上都有区别。髓质细胞不像皮质细胞那样变长，但在角化后发生陷缩，在细胞之间留下空隙，使其结构如同开放的网架。就动物毛的发育观察发现，在粗毛的急剧生长中最易见到髓质，认为髓质的功用在于以最小的材料，不过分增加毛重，以维持毛发的直径。已经证明，剪发并不能刺激毛发的生长，但能刺激髓质的形成，使毛发增粗。

(四)外层毛小皮

毛小皮细胞呈扁平的鳞片状，彼此重叠很像鱼鳞。重叠的范围约占细胞的5/6，因此毛小皮的游离缘彼此离得很近。

毛小皮的鳞片所以重叠是由于毛发在生长过程中受各种力的综合作用造成的，其中包括内根鞘的上升运动牵引每个小皮的外部使之覆盖上位的另一个小皮。这可以说明为什么毛小皮的重叠缘都指向毛尖。

（五）毛囊腺

在毛发生长到达皮表以前，外面覆盖一层由皮脂腺分泌面来的油脂，称为皮脂。皮脂腺是一种腺溶型分泌腺（holocrine secretion gland），即在其分泌时包括腺细胞的彻底崩解，在激素控制下，由腺基底细胞继续增生新的腺细胞。脂质的功用是防止皮肤及毛发干燥，其中并含有杀菌物质。

（六）毛发色素

毛发的着色是由于显微镜下可见的一种色素颗粒——黑色素（melanin）所致。已知有两种黑色素：优黑色素（eumelanin）与叶黑色素（phaemelanin），前者为黑褐色（即一般所说的黑色素），后者为黄红色（主要见于兽毛和羽毛）。不同色度的黑、褐、灰色都是由黑色素的颗粒大小、密度与分布不同所造成的。各个毛发中色素的出现通常与毛发的急剧生长有关，在毛囊生长进入间歇期时，则色素的产生大为减少。

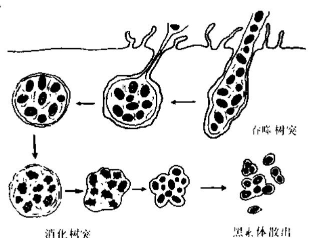
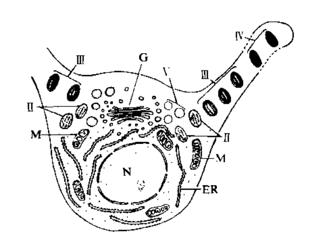


图 4—1—5　角化细胞吞食黑素体的过程示意图（引自淸寺真）

黑色素是在酪氨酸酶的催化下，由酪氨酸氧化而产生的。形成这种黑色素的黑素细胞（melanocyte）存在于毛母质中，主要是毛球上 2/3 相当于毛皮质发生的部位。充满黑色素颗粒的黑素细胞树突伸入毛皮质细胞之间。

一般，黑素细胞并不进入毛发的纤维中，皮质细胞是由摄取黑素细胞的树突而获得黑色素颗粒的。（图 4—1—5）

黑色素是在黑素细胞的细胞器黑素体（melanosome）中形成的（图 4—1—6）。黑素体最初出现时是与高尔基膜密切关连的圆形酪氨酸酶阳性空泡，其中不含黑色素，但 Dopa 反应阳性。这些空泡进一步发展为椭圆形有膜的细胞器，大小约 0.7×0.2μm，其中含有沿细胞器长轴排列的同心圆形层板。其后，小体中逐渐充满黑色素和蛋白质，由于黑色素密集，使小体的结构难以辨别。尚未充满黑色素时的小体称为前黑素体（premelanosome）；充满黑色素而不再呈 Dopa 反应阳性的小体为黑素体。通常所说的黑色素颗粒是在光镜下泛指这两种小体而言的。



G：高尔基氏器　Ⅴ：酪氨酸酶阳性空泡　Ⅰ：有膜细胞器　Ⅱ：前黑素体
Ⅳ：黑素体　M：线粒体　ER：内质网　N：核

图 4—1—6　黑素细胞模式图

（引自　清寺真）

成熟的黑素体迁入黑素细胞的树状突起内。

黑毛毛球部的黑素细胞与表皮的黑素细胞结构相似，但前者远比后者为大。毛发皮质角化细胞（keratinocytes）内的黑素体要比表皮角质形成细胞中的大 3—4 倍以上。黑素体在表皮中主要以复合体* 形式存在，而在毛皮质中则大部分是单个存在。表皮的黑素体随角化的进行而消失，但毛皮质角化，黑素体仍然存在，在毛干中也易于见到。

毛发的颜色是由皮质角化细胞中的黑素体的状态决定的。这种状态又取决于毛球中黑素细胞形成黑色素的能力，与皮质角化细胞吞食黑色素的能力。

第三节　毛发的生长周期

尽管妇女的毛发可以长得很长，事实上没有一根毛发是连续生长的。每个毛囊在生长一定时间以后，都要进入休止期，在该期之末发生脱毛，新的毛发开始生长。

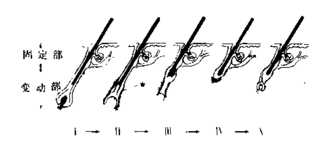
一、生长周期的分期

毛发生长周期一般分为 3 期：(1)生长期(anagen)，为毛发活跃地生成时期；(2)退化期(catagen)，为细胞增生停止，毛囊开始萎缩的时期；(3)休止期(telogen)，为毛发停止生长，毛根部停留于真皮浅层的时期。

不同生长周期中毛囊的变化如图 4—1—7 所示。毛囊的周期性变化主要发生于立毛

* 黑素体复合体(melanosome complex)是黑素体聚集于溶酶体性空泡中，黑素体易受酶的作用而崩解。

肌附着部以下的毛根变动部。



I：生长期　II-III退化期　IV：休止期
V：生长期初期　＊玻璃膜肥厚
图 4—1—7　生长同期的毛囊变化
（引自桥本谦）

二、毛囊的变化

(一)生长期

生长期是毛发活跃生成直至毛发生长完成的时期。在此期中,毛囊丰满,毛球膨胀,毛乳头中富于结缔组织。毛球深位于真皮下部,部分伸入皮下组织之中。毛乳头中的DNA代谢旺盛,在丰富的细胞间基质中,有多数间叶细胞,少量的纤维成分,中心部有毛细血管。血管内皮细胞明显,且多为有孔性。间叶细胞伸出突起,互相以桥粒样结构相连,形成网眼状立体结构。

生长期的毛乳头与毛母质之间有一层基底膜。在毛组织角化带附近的外根鞘外侧,光镜下有玻璃膜。电镜下为一层基底膜与纵行的胶原纤维束构成,其周围为环行的胶原纤维束,再外为纵行纤维束,全体构成结缔组织鞘。上述基底膜在生长期常有明显增厚,是由于与其相连的纵行纤维均质化,与基底膜融合的结果。表明生长期的毛囊已出现退化期初期的变化。

(二)退化期

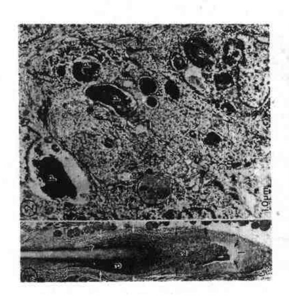
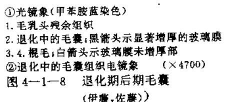
初期,毛球部下端开大,毛乳头露出于真皮中,甲苯胺蓝染色浓染。毛囊开始退缩,玻璃膜呈波状增厚。被玻璃膜所包围的毛囊内部组织失去规整的形态,各层结构不清,毛母质显著萎缩。

电镜下,毛球部萎缩变薄。毛母细胞与外根鞘细胞不能区别。毛乳头侧的基底膜多层化,排列紊乱。由于结缔组织鞘的内环纤维束均质化,致玻璃膜增厚。

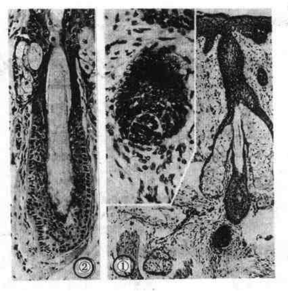
中期至后期,毛囊进一步退缩(图4—1—8)。在下端可见毛乳头的残余结缔组织,显著增厚的玻璃膜和退缩中的毛囊组织。上方为柔软的毛根角化形成硬的棍棒样根(棍毛,club hair)。

电镜下,在外根鞘细胞中可见多数电子密度增加的构造物,可能是细胞变性,或吞噬其他毛囊细胞后消化的产物。由于毛囊细胞变性、吞噬消化的结果,毛囊的体积显著减少。

在棍毛附近,可见毛囊的最外层为一层柱状细胞与基底膜并列,属于外根鞘细胞。其内层细胞富于张力原纤维、黑素体和毛透明蛋白颗粒,可能是来自毛皮质的细胞层。

①光镜象(甲苯胺蓝染色)
1. 毛乳头残余组织
2. 退化中的毛囊;黑箭头示显著增厚的玻璃膜
3. 4. 棍毛;白箭头示玻璃膜未增厚部
②退化中的毛囊组织电镜象　(×4700)
图 4—1—8　退化期后期毛囊
(伊藤,佐藤))



1. 休止期　2. 生长期初期　s:继发毛胚
图 4—1—9　休止期及生长期初期毛囊
(伊藤,佐藤))

(三)休止期

与退化期不同,此期在棍毛的下方只有外根鞘包绕。构成生长期毛母质的各层细胞,经过退化变性,毛母质崩解,并发生角化。在休止期,所有结构都完全角化,棍毛的角化下端也最终形成。(图 4—1—9①)

在毛囊下端的基底部,尚可见有一些小的发亮的细胞群,是为继发毛胚(secondary germ)。与胎生期表皮下层出现的毛胚相同,由该部细胞可发生新的毛囊和毛母质。

休止期的毛发容易拔下,经常受洗发、梳理的头发,很少有休止期的毛发。在自然状态下,休止期的毛发大都是随着下部新生的毛发的生长而脱落的。

(四)生长期初期

由休止期毛囊下端的继发毛胚长出新生的毛球(图 4—1—9②)。新毛球一方面向上生长毛发的各层细胞,一方面向真皮下方伸展,包绕着密集的间叶细胞群。玻璃膜无明显增厚,电镜下基底膜仅为线状,邻近的胶原纤维也不密实。毛乳头被活跃增生的毛母细胞群所包绕,乳头中充满间叶细胞和胶原纤维,没有生长期后半那样丰富的细胞间基质。间叶细胞呈类圆形,彼此借桥粒、半桥粒样结构相连。

三、毛发的生存时间

毛发的生长周期因动物种属而异，在人毛与毛发的生长部位及年龄也有关系。例如，颞部头发生长期持续时间，一般为平均 22 周，休止期的平均时间为 18 周；胡须平均分别为 16 周，6 周；小腿毛平均分别为 21 周，19 周。在 60 岁老人，顶部头发的生长周期与上述颞部头发相同；而在 21、30 岁青年人，顶部头发超过 25 个月尚在继续生长。一般认为头发的生长期最长，可达 2—6 年，其他毛发则相对为短。例如臂毛为 6—12 周，手指毛为 4—13 周。与生长期及休止期相比，退化期最短，大约为 2 周。

在一定范围内各期毛发所占的比例，易受人为的影响。一般而言，小腿毛中 42—58%，胡须 24—45%，颞下部毛 23—36%属于休止期。而头发仅有 15%处于休止期，处于退化期者更少，还不到 1%。

就不同年龄阶段而言，在生后 6 个月直至 13 岁的少幼时期。其毛囊绝大多数属于生长期；在 15—29 岁的青年人，其毛囊大多数属于生长期；而在老年期，其毛囊多数属于退化期或休止期。

在生长期中，毛发的生长是不断的，头发的生长速度，在头顶部约为 0.5mm/24h、边缘部则较慢；大腿毛为 0.21mm/24h；颊毛 0.38mm/24h。在妇女头顶部毛发的平均生长速率为 0.45mm/24h，没有月经周期的差异。

毛发的更替是不断进行的，人平均每日脱落的头发约为：

18—26 岁	30—108 根
20—40 岁	90 根
50—60 岁	120 根以上

第四节　毛发的化学成分与物理性质

一、毛发的化学成分

毛发的基本成分是角蛋白、黑色素和痕迹量的金属元素。

（一）微量元素

毛发中的微量元素主要有钠、镁、铝、硅、钾、钙、锰、铁、镍、钴、锌及钡等。微量元素可能是在毛发生长过程中内部沉积的，也可能是外环境的污染物被毛发吸收而来的。在某些工矿区的居民，由于外环境的污染，其毛发中所含微量元素的种类与量，与无污染区的居民毛发相比便有一定的差异。某些金属毒物慢性中毒（如砷、铅、汞），可由毛发中检出较高的含量，因此毛发是法化学分析中的重要检材之一。

(二)角蛋白及其分子结构

角蛋白(keratin)是由脊椎动物表皮组织产生的一组含胱氨酸的蛋白质。毛发所含的是硬角蛋白，与来自脱皮组织的软角蛋白的区别在于其含有更多量的胱氨酸。

毛发的 X 线结晶描记法(X-ray crystallography)表明，毛发具有 0.51nm 单位轴性重复的 α-衍射(α-diffraction)构型。如将毛发伸直或在水中加热，则成为 0.33nm 单位轴性重复的 β-构型。这一构型与 0.31nm 重复的鸟类角蛋白构型很相似。第 4 型是无定型，见于毛小皮的角蛋白。

由 X 光衍射构型可以看出，α-角蛋白的多肽链具有几何规则的二次结构。其假说是，α-角蛋白排列成 α-螺旋链，每 0.54nm 单位重复含有 3.6 个氨基酸残基，而 0.51nm 重复可能是由于螺旋链倾斜所致。进而使人设想 α-螺旋链可能是有 2 条或 3 条相互缠绕而存在的。致于伸直毛发后形成的 β-构型，乃是一种螺旋链被牵伸成直链的状态。

化学分析结果显示，由于链间二硫键被破坏，角蛋白变为可溶性。得到的 3 种可溶性组分是：低硫、高硫和高甘氨酸酪氨酸组分。高硫组分的分子量为 10 000—28 000，低硫组分为 45 000—50 000。硬角蛋白中含有约 50 种以上的不同蛋白质，其中大部分属于高硫组分。这些是由羊毛角蛋白分离得到的结果。

何学民等(1991)用 SDS-梯度聚丙烯酰胺凝胶电泳分析比较了人及动物的毛发角蛋白，测得其相对百分含量如表 4—1—1。结果表明人与 5 种动物毛发角蛋白扫描谱型有

表 4—1—1　　人与动物毛发角蛋白组分相对百分含量

分子量	人	黑猩猩	阿拉伯狒狒	白眉长臂猿	家兔	豚鼠
>94 000	4.3	8.4	12.8	11.6	6.8	5.9
63 000	4.7	5.0	7.4	—	4.5	—
52 000	27.7	29.8	38.5	38.8	26.2	23.4
45 000	32.1	24.1	22.3	23.1	21.2	26.2
32 000	14.5	—	—	—	6.0	5.8
26 000	7.1	—	—	—	3.2	9.8
22 000	9.6	—	—	—	3.2	4.3
18 500	—	9.6	12.3	—	11.0	8.7
<14 400	—	23.1	6.6	26.5	18.0	16.0

明显差异，不同种属动物毛发角蛋白扫描谱型也不尽相同。人头发角蛋白组分主要集中在分子量 32 000—52 000 范围，而在<18 500 低分子量区域没有区带出现；动物的角蛋白主要组分均集中在 45 000—52 000 分子量范围，在<18 500 低分子量区也都有谱带出现，表明人与动物毛发角蛋白的主要差异在低分子量区。用 N-(3-芘)马来酰胺标记毛发角蛋白巯基，进一步确定了毛发角蛋白中的低硫蛋白位于 45 000—52 000 分子量范围，高硫蛋白位于<18 500 分子量范围。认为人与动物毛发角蛋白的重要差异在于高硫蛋

白。

张力细丝是在嗜锇酸的富含硫的母质中形成的，这种纤维—母质组合体使其具有很高的强度。目前认为，构成α-螺旋链的低硫蛋白与细丝有关，而高硫蛋白则与母质有关。

已经证明，张力细丝是由原细丝或初原纤维(protofibrils)构成的，而原细丝正是由2条或3条α-螺旋链互相缠绕而形成的。

角蛋白的合成主要是在毛球上部的皮质细胞中进行的。

(三)黑色素

与人毛发有关的黑色素是优黑色素，几乎对所有的溶剂都是不溶性的。其确切的化学结构尚不清楚。有的主张所谓同质多聚体(homopolymer)说，认为优黑色素是以酪氨酸为始发物质的代谢产物，其间生成吲哚-5，6-苯醌(indole-5，6-quinone)，经同质反复聚合而成的多聚体。

毛发中的黑色素都是与蛋白质结合存在的复合体。

二、毛发的物理性质

毛发是天然纤维中最富于弹性的，50cm长的毛发可以延伸长达75cm；在水蒸气和弱碱性(pH10.0以下)溶液中可延伸长达1m。被延伸的毛发可以迅速恢复原有的长度。毛发的弹性主要来源于α-螺旋链，螺旋链使角蛋白如同巨大的分子弹簧。在强碱性溶液中，螺旋链遭到破坏，毛发强度收缩可达原有长度的1/2，且不能复原。

毛干有良好的强度，一根1cm长的头发，要断离它的力量，男人头发平均需146g，女人头发需143g。因而一个成人可被拉着一绺头发而举起或拖曳，或使头皮与颅骨分离，而头发仍不折断。

毛发有很强的吸水性，最大吸收量可达35%，比重1.3。

毛发的主要成分角蛋白使毛发对水、酒精、稀酸和盐类都有很强的抵抗力。角蛋白中含有3—5%的硫，燃烧毛发时放出特殊的臭味。

第五节　毛发的年龄性变化

一、胎儿与幼少时期的毛发

人胎儿及新生儿的体毛是完全平均地分布于躯干上的，细软而且不明显。常无色素，无髓质。毛小皮的鳞片也较柔弱，纹理比成人毛发简单。出生后数周，胎毛转化为新生儿的毛发，胎毛逐渐被较粗的体毛所代替。

新生儿的毛发细而无髓质，毛小皮的纹理也不明显，生后一星期才逐渐变明显。3岁左右，头发比成人细，很少超过80μm。

儿童时期，毛发的直径逐渐增加，其平均直径如表 4—1—2 所示：

表 4—1—2　学龄儿童的头发平均直径(μm)

小学年级	男	女
1	77	76
2	84	80
3	85	83
4	89	85
5	92	98
6	93	90

(引自北条，1958)

二、青春期的毛发

青春期，第二性征开始发育。两性的性器官和腋窝等处开始有毛发生长。最初出现的阴毛稀疏、长而柔软，大都是直毛并略有色素沉着。以后变黑，变粗，略为卷曲，在阴部扩延生长呈倒三角形。男性生长阴毛的平均年龄约为 13.4 岁，女性则略早，约为 11.7 岁。

腋毛的出现一般较阴毛晚约 2 年。不论阴毛或腋毛，自青春期至 25 岁左右都是旺盛的生长时期，以后则逐渐减少。面毛的出现时间与腋毛大体一致，首先见于上唇，完成胡髭后生长颊毛和须毛。

其他毛发的生长大体按如下顺序：小腿毛、大腿毛、前臂毛、腹毛、臀毛、背毛、上臂毛和肩毛。在整个性成熟时期，这些部位的毛发分布范围和程度都在增加，其分布构型的完成时间大都较长，一般达到 40 岁左右。男性胸毛的研究表明，自青春期至 50 或 60 岁左右，其数量和长度都在增加。

所有的毛发中只有头毛，在青春期后随着年龄的增加而减少，有的仅能生长一些细毛(vellus)。这种情况与遗传有关并需男性激素调节。据认为如在青春期前阉割可以防止这种情况的发生，但在青春期后阉割则不能使这种情况逆转。

三、老年期的毛发

年龄与毛发的颜色密切相关，过了儿童期毛发变黑，随着年龄的增加，毛发变灰色乃至白色。

正常黑色头发的毛球上 2/3 部分有一层紧密的黑素细胞带。在毛球的生长期，黑素细胞非常发达，在其细胞浆内含有多数不同发育阶段的前黑素体与黑素体。同时，在毛球部角质形成细胞中也有多量黑素体，小体呈球形。

老年性灰发(俗称花白发)的毛球部黑素细胞带消失，但残存的少数黑素细胞和正常的一样，仍含有多数不同发育阶段的前黑素体与黑素体。只是在毛球的角质形成细胞内黑素体数大为减少，小体也不呈球形而呈卵圆形。

老年性白发是色素脱失继续进行以致完全脱失的结果。其毛球部已无黑素细胞可见，

即使在电镜下也看不到含有黑素体的黑素细胞。在角质形成细胞中可以看到一些残存的黑素体，但其量甚少。（表 4—1—3）

表 4—1—3　毛发色素脱失的电镜所见

观察项目	黑发	灰发	白发
毛球黑素细胞密度	卌	十	·
黑素细胞生成黑色素的活性	卌	卌	−
角质形成细胞中黑色素的蓄积	卌	十	±
黑素体的形态	球形	卵圆形	−
黑素细胞带	卌	±	−

（吉川，三岛　1973）

据张乃洲等(1988)观察，中国人头发黑色素颗粒形态、分布与年龄有密切关系：

1—7 岁　黑色素颗粒细，色浅稀少，弥散分布；

8—10 岁　颗粒除毛髓质周围稀少外，皮质周围密；

11 岁　皮质周边始见少许深粗大颗粒；

12—15 岁　粗大颗粒在皮质周边始集成小团；

16—18 岁　皮质深层始见粗大颗粒弥散分布；

19 岁　周边色素颗粒聚成大团块，小团块向深层蔓延；

20—29 岁　周边色素颗粒团密、大，而髓质周围为少许粗大颗粒弥散分布；

30—35 岁　髓质及其周围均有较密色素颗粒；

36—45 岁　皮质均为浓密色素颗粒团；

46—49 岁　周边髓质开始破碎；

50—58 岁　仅周边浓密，深层色素颗粒因崩溃而渐稀少；

59—78 岁　随年龄增长，皮质中央色素颗粒由稀少至无，周边皮质颗粒亦趋萎缩。

第六节　毛发的结构

一、毛小皮

(一)毛小皮的显微结构

毛小皮(cuticles)是存在于毛根上段与毛干最外侧的一层角质鳞片，鳞片互相重叠，近端鳞片叠盖远端鳞片，呈鱼鳞状或屋瓦状排列，其游离缘指向毛尖。（图 4—1—10）

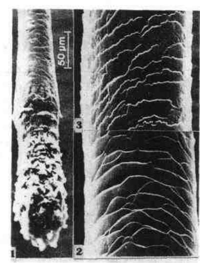
在毛根下部，毛小皮细胞呈类圆形，向上则逐渐变成纺锤形，核位于基底部。在毛根下部，细胞浆嗜碱性；向上，随着细胞变纺锤形，胞浆变为嗜酸性；角化后，呈强嗜酸性浓染。角化中核萎缩，角化后核消失。胞浆中无黑色素颗粒。

由于鳞片的大小、形状和重叠位置的不同，形成各种鳞状花纹。鳞状花纹因动物种属

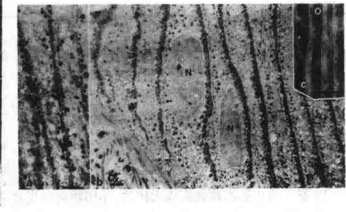
而异，人毛的毛小皮花纹呈细小的波浪状。

(二)毛小皮的超微结构

随着由毛根下方向上方移行，亦即随着角化的进行，发生如下的变化。(图 4—1—11)



1. 休止期毛根(棍毛)　2. 同上毛根部毛小皮
3. 同上毛干部毛小皮
图 4—1—10　头发的扫描电镜像
(Jackson)



a. 颗粒物质的出现　b. 颗粒物质的融合
c. 角化部　N. 核　I 内小皮　O 外小皮　C_x. 皮质
图 4—1—11　毛小皮的电镜像(纵断)(标尺：1μm)
(引自桥本谦)

初期胞浆中出现小颗粒，颗粒向细胞膜集聚，增大、增加并融合。角化部毛小皮细胞可分为电子密度高的外小皮(exocuticle)和电子密度低的内小皮(endocuticle)两层。胞浆中的颗粒即毛透明蛋白颗粒。胞浆中可见有纤细的纤维成分，但不集聚成束。细胞之间借微细的小突起和相应的凹窝互相结合。

毛小皮鳞片是由上述的 5—10 层细胞重叠而成的。每层细胞厚约 350—450nm。细胞之间有约 30nm 的窄间隙，其中含有中心性细胞间板(central intercellular lamella)。

二、毛皮质

(一)皮质的显微结构

毛皮质(hair cortex)在人占毛发的大部分，是构成人毛的主体层次。皮质细胞在毛根下部为纺锤形，向上方逐渐角化则变细长。细胞密切接触沿毛发长轴平行排列。核也渐变细长，萎缩；角化时，核崩解乃至消失。胞浆中充满张力原纤维。未熟的纤维嗜碱性，成熟的纤维嗜酸性。黑褐色的黑色素颗粒在毛根下部时，集聚于核上方如帽状；随着细胞变细长，分散存在于细胞浆中。

未经处理的毛干通常是不易逐一分辨皮质细胞的，经胰蛋白酶处理后才能游离出单个的皮质细胞。光镜下，以下所见值得注意：(图 4—1—12)

1. 弥漫性色素　由于这种色素呈溶解的状态存在，能均匀地浸染皮质细胞，使皮质呈淡褐色至红黄色。

2. 颗粒色素　是很小的颗粒状固体结构，呈淡黄、褐色、黑色或蓝黑色。大多沿皮质周围部分分布，尤以毛小皮的内方为最明显。

3. 皮质梭(covtical fusi)　为形状不规则大小不一的空气间隙，主要存在于成熟人毛发的根部，也见于整个毛干，比色素颗粒为大。

4. 卵圆体(ovoid structure)　为远比色素颗粒更大的实体，呈球形或卵圆形，边缘不规则。常见于动物毛，偶见于人毛。

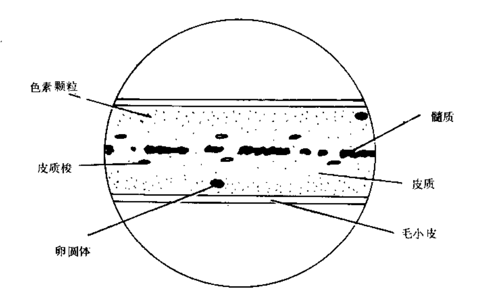
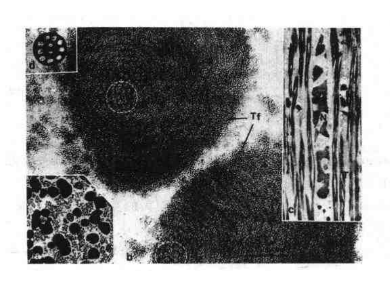


图 4—1—12　毛发各层模式图(光镜)

(二)皮质的超微结构

在毛根下部，皮质细胞中首先出现张力细丝(tonofilament，microfibril)，其直径约6nm，长约数微米。细胞向上行分化，细丝数目增加并集束成张力原纤维(tonofibril，macrofibril)，宽约 200nm。角化的皮质细胞长约 100μm，宽约 5μm。

张力原纤维的横断面(图 4—1—13)可见，低电子密度的张力细丝与高电子密度的细胞间间充质(母质 matrix)。张力细丝是由原细丝以 9+2 的形式围成环形构成的。(图 4—1—13)



a：横断像　b：横断像（扩大）　c：纵断像　d. 9+2 结构
Tf：张力原纤维　N：核
图 4—1—13　毛皮质的电镜像（标尺：0.1μm）
（引自桥本谦）

毛皮质细胞中一般并没有角化透明蛋白颗粒（高电子密度颗粒）。在黑毛，纤维之间可见散在存在的大型黑素体。

三、毛髓质

（一）髓质的显微结构

由于髓质细胞陷缩的结果，髓质中常含有空气，在透射光下光线不能通过故呈黑色，而在反射光下则呈白色。

若封片介质或其他透明物质能进入髓质中，则在透射光下髓质变透明，而在反射光下几乎看不出。

在透射光下呈黑色的髓质居于毛干的中心，呈片段状、不连续状或连续状，看不清细胞结构。

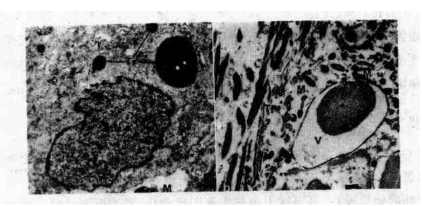
若髓质透明，可见髓质是毛发的细胞性核心。人毛发髓质是由角化的多角形、大小不等的细胞构成的。在毛干中，髓质细胞被压扁，彼此紧密接触，以 1—3 列，偶为 4—5 列沿毛发的长轴排列。

髓质细胞的胞浆内可见微细的黑褐色黑色素颗粒以及大小不等、略呈圆形的嗜酸性颗粒（毛髓颗粒 medullary granule）。毛髓颗粒与内根鞘中的毛透明蛋白颗粒是同一物质，其中含有瓜氨酸（citrulline）。由毛乳头上方至毛囊中部的髓质细胞中尚有糖原颗粒。

毛根部的髓质细胞呈薄板状，大部分含有核。越近毛球，细胞愈厚，呈圆形或横椭圆形。

(二)髓质的超微结构

未分化髓质细胞中有电子密度的圆形颗粒，即毛髓颗粒，无被膜。有大型的黑素体，线粒体、粗面内质网和较清晰的高尔基氏器(图 4—1—14a)。毛根上部的分化细胞，大部分被包绕一层膜的大空泡所占据。一部分空泡是线粒体膨胀、变性、内部结构消失后彼此融合而形成的，一部分空泡似与线粒体无关。在细胞周边部聚集一些由毛髓颗粒融合而产生的无构造物质。片段的纤维束杂乱地存在。核消失。(图 4—1—14b)



a. 毛球部　b. 毛根上部　N. 核　T_r. 毛透明蛋白颗粒　M. 黑素体　T_f. 张力原纤维　V. 空泡

图 4—1—14　毛髓质的电镜像(标尺：1μm)

据 Clement (1982)报告，人毛髓质细胞的主要成分也是张力原纤维，但不是纵行面是横行。此点与上述电镜所见有所不同。

ORS：外根鞘　He：Henle's 层(已角化)　Hu：Huxley's 层(未角化)
t：毛透明蛋白颗粒　CIS：鞘小皮
CH：毛小皮(下方部分角化，上方完全角化)

图 4—1—15　人胎儿头发毛球上部纵断电镜像
(引自 Robbins)

四、内根鞘

内根鞘(inner root sheath)位于毛囊的内层，起自乳头颈部，向上行终于皮脂腺导管处。由内向外分为 3 层：鞘(小皮)层、Huxley's 层和 Henle's 层。

(一)鞘(小皮)层

鞘层为内根鞘的鞘小皮(sheath cuticle)，紧贴毛根的毛小皮，形态上也与其非常相似。鞘

小皮的齿状缘与毛小皮的齿状缘方向正好相反，两个齿状缘如同齿轮互相紧密连接在一起，使内根鞘与毛根牢固地结合，以致在快速拔下毛发时，常连同鞘膜一同拔下。（图 4—1—15）

在毛囊上部，鞘小皮为菲薄的无核鳞片；近毛球部，鞘小皮变厚，并可见有细胞核，但较该部毛小皮的核为小。

（二）Huxley's 层

本层为 T. H. Huxley(1825—1895)所发现。位于鞘小皮层的外侧。通常为 2 层细胞，有时为数层。细胞的形态，在毛球下半部为椭圆形或纺锤形；向上，则体积增大变立方形或不规则形。在毛囊中部附近角化，成为细长的嗜酸性层。此层细胞有的向外侧的 Henle 层细胞间隙中，伸出细胞质性突起，与外根鞘的细胞相连接，称为翼细胞。

（三）Henle's 层

本层为 F. G. J. Henle(1809—1885)所发现。位于 Huxley's 层与外根鞘之间。为一层细胞。细胞形态，在毛球下半部为椭圆形，胞浆中出现小的毛透明蛋白颗粒（在 Huxley's 层细胞过毛球部后始出现）。至毛球上半部细胞即已角化，成为极细长的无核细胞。

上述 3 层在毛囊中部以上，互相融合成为嗜酸性、嗜复红性的 1 层。已融合的内根鞘不久变成鳞屑而剥离，由此处至皮脂腺开口部之间，外根鞘裸露。

（四）超微结构

内根鞘 3 层细胞有共通的超微结构。细胞借桥粒彼此连接，胞浆中有电子密度高的毛透明蛋白和纤维成分（张力原纤维）。在毛球下半部，桥粒尚未成熟且数少；至上半部方显示完整的结构；再向上，则数目增多。毛透明蛋白颗粒常为椭圆形，大小不等。张力原纤维有的与桥粒连接成桥粒—张力原纤维复合体，有的成束状游离存在，有的附着于毛透明蛋白颗粒，仿佛是颗粒中流出的纤维。

角化的发生比较突然，细胞质成分几乎消失殆尽，仅见纤维与纤维间的间充质成分，成为与角蛋白类似的结构。

3 层的超微结构不同处在于，Henle's 层出现毛透明蛋白颗粒最早，角化最快；继为鞘小皮角化，其毛透明蛋白颗粒较小；Huxley's 层角化最慢。

五、外根鞘

外根鞘(outer root sheath)是皮肤表皮的延续。表皮的颗粒层与角质层仅达于皮脂腺开口部，并转化为毛囊的纤维。

外根鞘细胞在毛球部有两层：外层的柱状细胞与内层的多角形细胞。由毛球向上，内

层细胞变多层；至毛囊下 1/3 部，层次最厚；接近毛孔部时又变为 2—3 层细胞。柱状细胞相当于表皮的基底细胞，多角形细胞相当于棘细胞。

在毛囊的中部或下 1/3 部，外根鞘向外突出形成隆起（毛隆起　hair bulge），为立毛肌的附丽部。

外根鞘在其与内根鞘相连接时并无角化，但在内根鞘消失后的外根鞘裸露区则发生角化。不过与表皮细胞角化时细胞变扁平不同，而是形成无核的膨化的角化细胞。

外根鞘细胞的超微结构与表皮基底层细胞及棘细胞相同，不同的是有糖原存在，细胞分裂也较多见。

在毛球下半部，外根鞘细胞的胞浆呈弥漫性甲苯蓝染色异染性。

在退化中的毛发，外根鞘的两层细胞在毛球周围中断；而一旦毛发开始生长，此层细胞即达毛乳头的颈部。

六、结缔组织鞘

结缔组织鞘（connective tissue sheath）或称结缔组织毛囊，位于毛囊的最外层。

（一）玻璃膜

鞘的内方有一层均质的玻璃膜（vitreous or glassy membrane）。玻璃膜分内外二层。内层呈 PAS 强阳性，表面有微细的凹凸与外根鞘细胞的微小突起（基底小脚 basal footlet）相连接。外层呈 PAS 弱阳性，主要结构为纤细的胶原纤维混有网织纤维与弹力纤维，与表皮的基底膜相连续。

（二）内纤维层

内纤维层或称环行纤维层，与玻璃膜相连。胶原纤维沿毛囊中轴呈环形排列，在毛隆起处中断，其上方称为上环，下方称为下环。弹力纤维纤细而且数少。毛细血管网大部分与玻璃膜垂直呈环状走行。

（三）外纤维层

外纤维层或称纵行纤维层，位于毛囊的最外层，并在毛囊的全长存在。胶原纤维与毛囊中轴平行或稍倾斜走行。比内纤维层为厚。弹力纤维细小，但数多。毛细血管与小血管也与毛轴平行走行。结缔组织毛囊的中 1/3 甲苯胺蓝染色呈强异染性，显示有酸性粘多糖的存在。

（四）毛乳头

毛乳头是深藏于毛球内腔中的结缔组织性组织，一种较大的真皮乳头。通常只有一

个,在有几个毛髓质的丛毛,可有数个毛乳头。基质甲苯胺蓝染色呈异染性。毛细血管呈袢状存在,在灰白毛可见有大吞噬细胞。

在毛球的直下方,可见有纤细的弹力纤维呈皿状集聚,一部分并呈刷毛状进入毛乳头的内部,称此种结构为弹力纤维样小体(elastin-like body)或刷毛状小体(brush like bady)。此小体随毛囊进入生长期而开始发育、形成,随生长期的逐渐结束,而退化、消失。

(贾静涛)

参考文献

1. 清寺真等。人体組織学。東京:朝倉書店。1984:296—322
2. Geneser F. Textbook of histology. Copenhagen:Munksgaard. 1986:401—405
3. Rook A, et al. Textbook of Dermatology. 4th ed. Vol 3. Oxford: Blackwell. 1986: 1938—1958
4. Ryder ML. Hair. London:Arnold. 1973:10—26
5. 橋本謙。毛組織の微細結構。日本皮膚科学会雜誌。1980;80(10):744—747。
6. 木根淵承一。毛の色を左右する諸因子,特に毛球部における Melanosome との関連性について。日本皮膚科学会雜誌。1980;80(10):747—750
7. 荒尾竜寧。毛周期と結合織性毛包。 日本皮膚科学会雜誌。1980;80(10):750—752。
8. 吉川、三島。老人性白発における色素脱失機序の電顕的研究。臨床皮膚科。1973;27(6):525—532
9. Clement JL, et al. The specificity of the ultrastructure of human hair medulla. J Forens Sci Soc 1982;22:396—398
10. 何学民,等。单根毛发角蛋白的分离与分析。中国法医学杂志。1991;6(2):65—67
11. 张万洲,等。九江地区人头发横断面的研究。人类学学报。1988;7(4):335—341

第二章　毛发的检查

第一节　毛发检查的一般知识

一、毛发的重要性

毛发是人及动物机体的重要组成部分，它不仅具有种属的特点，还具有一定的个人性的特征，因此是法医人类学乃至法医血清学上的重要物证之一。

毛发很易受外力作用而脱落，凡是发生过搏斗的他杀或强奸案件的犯罪现场，都有遗留毛发的可能。脱落的毛发可存在于床褥、被单、地面上；犯罪分子的身体上、衣服上；粘着在凶器或其他致伤物上；受暴行袭击的受害人身体上、衣服上。

毛发在无外力作用的情况下也能自然脱落，因此即使是未发生过搏斗的犯罪现场，也有遗留犯罪分子毛发的可能。

毛发是重要的物证，但又是很难找到的物证。搜查毛发是必需的工作，又是一项费力而又费时的工作，需要很大的耐心和注意。

所发现的毛发，经检验结果，有时无助于侦查和司法实践，但应当记住，毛发毕竟是重要的物证，在有些案件，它可能做到重现犯罪当时的情况，作为可疑人有罪或无罪的证据。

我国有些珍贵的野生动物资源受到国家的保护，在野生动物保护区的偷猎案件中，毛发的检查也有重要的意义。

二、毛发的发现与收集

（一）现场检查

在现场应对床单、被褥、地板、家具及其他可疑物件进行彻底的检查。所需的主要检查工具是镊子和手电筒，通常在斜光下检查易于发现。

发现的毛发应当用洁净的白纸包上，注意应保持毛发的自然伸展状态，然后装入信封中。注明发现的地点与时间，必要时记入现场图。不可将毛发装入试管内保存，因为经过一定时间，毛发会在试管内发生卷曲，不利于辨认。

现场发现的任何可疑毛发样物（包括动植物纤维），都应按常规收集、送检，不要在现场选择和弃取。

注意不要使所发现的毛发受损、污染或风吹丢失，应当知道落到地上的毛发是很难

找回的。

勘查人员应当注意，勿将自己的毛发误为现场的毛发。

（二）对可疑人与受害人的检查

在他杀案件中，受害人的手中、指甲下可能有毛发；在性犯罪案件中，有可能在受害人的阴部、床上和受害人躺过的地面上发现加害人的毛发，或阴毛。如受害人未死，应对其外阴和内衣尽快检查。

对可疑人的衣服也应尽快进行检查。有时毛发混杂在纺织品的线头中，或呈卷缩、折叠状态存在，只有认真彻底检查才不致于遗漏。

对可疑人必须做彻底的身体检查，要抓紧时机，以免其破坏物证。

（三）毛发样本的采取

为了与现场发现的毛发对比，应当由加害人、嫌疑人或受害人采取对照用毛发样本。

采取对照样本的一条重要原则是其必须具有代表性，如仅由可疑人的头顶部采集毛发是不够的，必须同时由颞部及枕部采取。

采集毛发的方法有 3 种：用力拔下，贴近毛根剪下及用梳子梳下。带有毛囊的毛发可用于多种检查，能得到更多的信息，因而是最理想的检材。应尽可能采用拔下毛发的方法。

采集的毛发用白纸包好，装在信封内。要分别包装并注明毛发的种类与采集的部位。采集的头发应注明是来自密生部位或秃发部位。

由动物采集毛发样本，应由其身体各部拔取，装入信封中，注明动物种类与拔取的部位。

三、毛发检查可望解决的问题

（一）毛发检查的鉴定事由

送检机关委托进行毛发检查的事由，一般有如下几点：

1. 是否毛发？
2. 是人毛还是动物毛？
3. 如是动物毛来自何种动物？
4. 毛发的性别？
5. 毛发的部位？
6. 毛发的年龄？
7. 自然脱落毛抑或暴力拔下毛？
8. 毛发有无损伤？

9. 理发的时间？

10. 血型判定。

11. 毛发的个人性。

（二）可望解决的问题

1. 是否毛发？

现场发现的纤维状物是毛发还是植物纤维，可依显微镜下检查的内部结构进行判断。有内部结构的是毛发，无内部结构的是纤维。疑为植物纤维应进行刑事技术检验。

2. 人兽毛的鉴别

用显微镜和血清学的方法可以区分人毛及动物毛；但如涉及灵长类动物，有时可能不易区别。

3. 何种动物毛的鉴别

在大多数情况下，回答这一问题不难，但有时是不易回答的。这是因为由同一动物的不同部位来的毛发，性状可不相同；即使是同一部位来的毛发，有时也会有所差别。因此，由动物体上采取的对照检材应尽可能多采，以提高确定动物种属的可能性。

有时动物的种属得到确定，但须确定是否来自某一特定的动物。对这一问题不能做出肯定的回答，因为实际上不存在对某一特定动物个体是特征性的，而对同一种属的其他个体是非特征性的毛发结构。

有时要求确定所发现的毛发是来自毛皮，还是来自动物。如果所发现的毛发是经过染色的，或有其他制备的现象，则此问题易于回答，否则，有时难于回答。

4. 毛发的性别

由毛根部分离得的组织细胞进行 X 染色质和 Y 染色质的检查，可以确定性别。无毛根的毛干，也有可能做出性别的鉴定。

5. 毛发的部位

人毛由于发生部位不同（头发、胡须、腋毛、阴毛、腿毛、鼻毛、眉毛、睫毛、胸毛），其长度、宽度、曲缩程度和断面性状均有差异，可借以识别。

6. 毛发的年龄

青少年毛发比成年人毛发直径小，色素少；老年人毛发也有变细的趋势；老年人头发变白，但青年人也有头发变白的。对这一问题很难做出肯定的回答，仅在特殊有利的条件下，可望做出某种可能性的估计。

7. 自然脱落毛抑或暴力拔下毛？

自然脱落毛与暴力拔下毛的毛根形态不同，染色性也不同，可以作出鉴别。

8. 毛发有无损伤？

毛发受到机械性损伤包括火器损伤乃至高热作用，都可能发生形态上的变化，在大

多数情况下，对此问题可以做出确切的回答。

9. 理发的时间

理发后，随着时间的经过，毛发的断端有不同的形态变化，可以做出推定。

10. 血型判定

用混合凝集反应或解离试验，由一根毛发即可判断其 ABO 血型，有时也可望判断 MN 血型。比较新鲜的带毛囊毛发，可借电泳法检查 PGM1 型，也可检出 PGD 型。

11. 个人识别

单纯根据毛发的形态学观察，对这一问题很难做出确定性回答。如根据形态学检查、血清学检查并结合案情及其他情况，可望对该毛发是否来自某一特定的个人作出综合性判断。DNA 指纹图与 DNA 体外扩增技术的开发与应用已使这一问题的解决成为可能。

第二节　毛发的检查方法

本节所介绍的毛发检查方法主要用于形态学的检查，其他性染色质检查、血型检查等等不在本节范围内，但在分配检材时，除留备复验的部分外，对这些检查所用的检材也应予以充分的考虑。

检查毛发时要特别小心，由于纤细的毛发经不起风吹，实验室必须干净整齐，风大时应关闭门窗。检查者要戴口罩，切忌对着毛发咳嗽与打喷嚏。

检验时，首先记录送检毛发的发现时间、地点，检材与案情的关系；是单独游离存在的毛发，或是附着在物体上；附着的物体是否凶器，其粘着情况如何，有无血液或其他组织块附着，有无其他纤维附着等。

一、一般检查

（一）计数与测量

1. 数目　在适当的背地上，在亮光下计数送检毛发的数目。若长短不等，可按长短分类计数。计数时应用洁净的镊子夹取。

2. 长度　用直尺计测每根毛发的长度。若毛发卷曲，可放在载玻片上，用酸性水溶液略为浸湿，使毛发伸直，然后测量。按毛发的长短，分别计算其平均长度。

（二）形态观察

1. 形状　按毛形分类法确定其类别。

2. 颜色　为正确辨别颜色，须将白色毛发放黑色背地上，黑色毛发放白色背地上。正确记录黑色、白色、灰色、褐色、黄色及其他过渡颜色。

3. 完整性　用扩大镜检查每根毛发有无毛囊、毛根、毛尖。有无折断。

4. 附着物　用扩大镜检查毛发表面有无血液、尘土、污物、虱卵等异物附着。

（三）紫外线检查

自然毛发在紫外线照射下，显出明亮、蓝色而有光泽的边缘，如系人工染色，则呈特有的色素荧光。

（四）拉力试验

在肉眼观察时，就要注意毛发的弹性和脆性。必要时，用强力机进行拉力试验，测定毛发的拉牵引伸强度。

二、显微镜检查标本的制备

（一）洗净毛发

经过肉眼及放大镜检查后，将每根毛发放载玻片上，在显微镜下检查有无血痕、精斑、油垢等附着，如有，可注意取下，另作专门检查。

附有血迹的毛发可用生理盐水洗，洗后使其自然完全干燥，以免妨碍封片。附有油迹或其他碎屑的毛发可用二甲苯洗净。

一般常用的洗剂是等分乙醚酒精混合液。先将毛发用清水洗涤，然后放入小试管中，加洗剂后轻轻旋转试管，数分钟后夹出，放两张滤纸间使干。

（二）脱色

如毛发色素过多，则镜下看不清内部结构，须做脱色处理。常用的脱色剂为3%过氧化氢水或10%盐酸酒精液。夹取头发放载玻片上，加数滴脱色剂，立即在低倍镜下观察，待变成淡褐色能辨认皮、髓质结构时，立即停止脱色。用清水洗净后，使干。

（三）封片

1. 非永久标本　可用水、二甲苯或5%甘油滴于载玻片上，将洗净的毛发浸入其中，盖上盖片，镜检。

2. 永久标本

（1）取洁净干燥毛发放载玻片上，加数滴二甲苯透明。封入的毛发多少以不互相重叠为度，长毛可使呈“8”字形放玻片上。

（2）用滤纸吸去多余的二甲苯，加数滴中性树胶封片，最好用长盖片。

三、毛发直径的测定

（一）测微计

测微计（micrometer）主要由两部分构成：接物测微计和接目测微计。

1. 接物测微计　为一特制的玻片，大小同载玻片，片中央有测微用标准刻度：在1mm长范围内刻成100格，每格量度为0.01mm（10μm）。

2. 接目测微计　在一块圆玻片中央刻有100格，用时取此计放入显微镜的接目镜筒内。有的显微镜目镜自身就备有接目测微计。

（二）标准尺度的计测

1. 将接物测微计放载物台上。先在低倍镜下观察，看到两种刻度尺。随接目镜转动的是接目测微尺，随移动接物计而移动的是接物测微尺。

2. 转动接目镜，使两测微尺的刻度平行重叠，观察接目尺的一定格数相当于接物尺的多少格，便可算出接目尺的1格等于多少微米。

3. 计算例　如测得接目尺15格与接物尺30格相当，因接物尺1格＝10μm，故接目尺1格＝30×10/15＝20μm。

4. 标准尺度　上述接目尺1格＝20μm，是接目尺在特定显微镜放大倍率下的标准尺度。如测定时的显微镜倍率为50倍，则上述尺度便是放大50倍时的标准尺度。

5. 若同一显微镜放大400倍，则接目尺的标准尺度，1格＝20/8＝2.5μm。

6. 自用显微镜一次测得接目尺的标准尺度后可永久使用；如换用显微镜，必须用接物测微计重新测得接目计的标准尺度。

（三）毛发的直径测定

一般分别测定毛根、毛干基部和中部的直径。取毛发标本放接物镜下，观察毛发的宽度和髓质的宽度相当于接目尺度多少格，以此数乘以标准尺度，即为欲求的直径。

四、毛小皮印纹标本的制备

（一）醋酸纤维素膜法

1. 取醋酸纤维素膜用等量醋酸戊酯溶解呈指甲油状；
2. 取此液1滴滴于载玻片上，使成均匀的薄膜；
3. 将干净毛发放湿膜上，略为拉紧；
4. 待膜干后，一般约经10分钟，将毛发取下，动作要快。

（二）火棉胶法

1. 试剂　取下记试剂混匀后备用：

乳酸乙酯	5ml
醋酸戊酯	39ml

火棉胶　　　　6g

2. 操作法　同（一）

（三）赛璐珞（celloid）片法

1. 将干净毛发放适当大小的赛璐珞片上，用毛笔尖醮取醋酸戊酯，沿毛发长轴接触毛发，则液体自然浸入薄片与毛发之间。

2. 不必加压，待液体凝固（约1—2分钟），毛发即被固定于薄片上。

3. 轻轻将毛发取下。

（四）摄影用感光板法

1. 感光板的准备

（1）取未曝光感光板用海波固定，水洗，干燥；

（2）裁成载玻片大小，注意勿使其乳化层污染。用纸包裹可长期保存。

（3）用时，取上记感光板放入水杯（室温）中，使乳化层膨化2—3分钟，然后使之斜靠在垫有滤纸的水杯旁至微干。注意乳化层向下，以免尘土污染。表面应呈镜面样光泽。

2. 印纹制作

（1）在薄板的非乳化面贴上被检毛发的号数；

（2）将干净毛发拉直放在乳化面上，一张片上放一根毛发；

（3）盖上一张清净、除去乳化层的电影胶片（或照相胶片）和载玻片；

（4）载玻片上均匀地加一约200—500g重物，放置15—30分钟；

（5）然后取下玻片和感光板，放半开放的平皿中，使干；

（6）轻轻取下毛发。

3. 注意　本法所得印纹的质量取决于负荷重量（细毛200—250g，粗毛达500g）、乳化层膨化程度和环境温度。摄影用感光板也可用X光片代替。

五、毛发横断面切片的制备

（一）石蜡切片法[4]

1. 前处置

（1）用等份乙醚纯酒混合液将毛发洗净。

（2）放在2%酒精与5%氢氧化氨等分混合液中，浸泡5分钟。

（3）浸入10%氢氧化钾液中1—2分钟，维持温度为50℃。

（4）放5%硫酸与纯酒等份混合液中洗数分钟。

（5）二甲苯洗数分钟。

（6）放两层滤纸间使干。

2. 包埋切片

（1）浸入液体石蜡中 15 分钟。

（2）用石蜡包埋。

（3）切片，厚约 8—10μm。

（4）在 40℃水中漂洗。

（5）放涂有白蛋白的载玻片上，37℃放置 24 小时。

3. 封片

（1）用二甲苯溶蜡，使干。

（2）中性树胶封闭。

注意：

（1）本法选择合适熔点的石蜡很重要，一般可用熔点 52℃的石蜡。

（2）如只有一根毛发，上述各步骤可在铗玻璃中进行；如有多根，可与丝线间隔捆在一起，进行上述处置。

（二）火棉胶棒法[6]

1. 前处置

（1）将毛发用乙醚酒精等分混合液脱脂约 60 分钟。

（2）由每份检材取出一束毛发，长 1—2cm 至 3—5cm。若每份检样的毛发数目多，一束可含 50—100 根毛发；若数目少，可切成 2—3cm 长小段，捆成一束。

（3）每束中加有色线，并将该色线固定在检查记录中，以备切片后查对样本的来源。

2. 火棉胶制备

（1）取洁净、除去乳化层的 X 光胶片或照相胶片，切成小片。

（2）将胶片小片溶于丙酮中，使呈甘油样浓度。

3. 制备火棉胶棒

（1）用玻璃棒醮取火棉胶涂于毛发束上，使所有毛发粘在一起，形成粗约 1mm 的火棉胶棒。

（2）放空气中使逐渐变干，凝固（约需 2—3 小时）。

（3）将如上制成的所有毛发检样火棉胶棒捆在一起，粘成一个火棉胶棒。

4. 石蜡包埋

（1）取不含有原蜡的纯石蜡，放蒸发皿中融化。若石蜡不纯，则毛发断面易于破碎，或大小不等。

（2）注意将火棉胶棒浸入冷却中的石蜡，使围绕火棉胶棒凝成一薄层石蜡。若浸入热石蜡中，则发生的气泡可使火棉胶变成多孔性，妨碍进一步包埋蜡块和切片。

（3）将火棉胶棒多次浸入融化的石蜡中，直至形成宽约5—10mm的石蜡块，长度约为1cm。

（4）投入冷水中或放置冰箱中（15—20分钟），使充分凝固。

5. 切片

（1）一个火棉胶棒可以制成几个蜡块，可由毛发的不同部位得到切片。

（2）切片用滑动式切片机。切片时蜡块表面不必湿润，任何切片刀均可。

（3）用针将切片铺在载玻片上，加1滴丙酮或树胶，镜检切片的效果。

（4）切片厚度约5—10μm。

注意：本法的优点是可将全部拟检毛发包埋在一个火棉胶棒中。制成的切片条件相同，便于比较。且制片时间很短，便于应用。

（三）单一纤维直接切取法

第1法

（1）将被检毛发按常法洗净、脱脂，使干。

（2）放洁净平皿中，在立体显微镜下，用新单刃安全刀片尽可能切取薄片。

（3）用镊子采取适当的薄片放载玻片上，用中性树胶封片。

第2法

（1）备一有孔（恰好能使毛发通过）硬纸板，将毛发插入小孔中。

（2）将纸板直立放在平皿中，在立体显微镜下，同前切取薄片。

第3法

（1）制备聚乙烯塑料毛细管：取一条聚乙烯塑料管在微火焰上抻拉成毛细管。或取一长50mm，外径7mm的分配用聚乙烯离心管在微火焰上抻拉。所得毛细管外径约0.5—1mm。切成约2cm长的小段。其孔径应适于在立体显微镜下，能插入毛发或纤维，一般宜在0.2—0.5mm之间。

（2）在立体镜下，用小镊子将毛发插入毛细管的一端，毛发长度约2mm即可。

（3）然后将毛细管放在以电热板预热的载玻片上，板的温度控制在能使毛细管变软、收缩的最低档上。

（4）在低倍镜观察是否适于切片，应以毛发或纤维被塑料坚固包绕为度。

（5）在低倍立体镜（×30）下，用新的单刃安全刀片切片，经过练习容易得到厚约30—40μm的切片。

（6）取数个切片放在载玻片上，用树胶封片。

（四）成束纤维用手切取法[8]

（1）向在电热板上预热的载玻片上，切削下一些硬质石蜡（蓝或绿色cavver's蜡）。

电热板的温度控制在能使石蜡熔化的最低档（约 100—120℃）。

（2）取一小束已常规处理洁净的毛发，捏住一端，通过石蜡缓缓往返牵拉数次，在毛发上的石蜡层已达适当厚度后，拉紧标本的两端，使冷却凝结，避免毛发或纤维发生卷曲。

（3）在低倍镜下，用新的单刃安全刀片切片。

（五）成列纤维用手切取法[8]

（1）切取一 25×5×0.25mm 硝酸纤维素片，其上涂一薄膜赛璐珞制塑胶。

（2）取洁净干燥的短毛发或纤维，按顺序排列在塑胶上。

（3）再滴加一层塑胶使均匀覆盖毛发，厚约 0.5mm。

（4）干固后，同前在低倍镜下，用新的单刃安全刀片切片。

（5）切片后，剩余标本溶于丙酮，可回收剩余的毛发，用于其他检查。

（六）赛璐珞片包埋法

1. 准备工作

（1）取厚约 1.0mm 的 20×20mm 赛璐珞片 2 块。

（2）用乙醚酒精液将毛发充分洗净，干燥。

2. 包埋

（1）用毛细吸管吸取数滴醋酸戊酯滴于赛璐珞片上，使其表面溶解。

（2）将被检毛发轻轻粘在赛璐珞片表面上，一端露出于其边缘之外。盖上另一赛璐珞片，使毛发包埋于其中。轻轻加压，室温放置 4—5 小时，使干。

3. 切片

（1）切片前须先将包埋好的赛璐珞片放在盛有丙酮的容器中，用丙酮气薰使之适当软化。(冬季室温低，可适当加热使其快些软化）取出时，包埋片因软化面略为弯曲。室温放置 20—60 分钟，至用指甲可以压出凹印时即可用于切片。

（2）取 1.0×2.0×3.0cm 木块 2 个，将包埋片夹于其中，固定在切片机上。注意毛发应与切片刀刃的长轴呈直角，否则断面形状易被歪曲。

（3）切片厚度约 5μm。常规封片。

4. 镜检　找到标本片中的赛璐珞带，在其中央即可见到毛发的横切面。

六、毛发髓质结构检查法

（一）光学显微镜的检查法

1. 髓质切开

（1）将毛发一端用胶带固定于载玻片的一端，将毛发拉直，其另一端固定于玻片的

另一端。胶带宽约 1cm。

(2) 选适当倍率，在立体显微镜下，用新单刃安全刀片，与毛发纵轴呈很小的锐角，向操作者侧切入数 mm。

(3) 用尖镊子夹住断端，向操作者侧剥离毛小皮及皮质，暴露出一小区髓质后，将断端切除。

2. 髓质透明

(1) 加一滴甘油酒精溶液 (65 : 35) 使毛发透明，盖上盖片。

(2) 放 100℃电热板上，至不再产生气泡为止 (约需 5 分钟)。由于髓质中气泡被驱除，甘油进入髓质中，使髓质透明，易于观察其结构。

3. 镜检

(1) 放冷后，在低倍及高倍镜下观察。

(2) 继在油浸镜下 (12.5×100) 观察其微细结构。

4. 结果

(1) 本法可用子观察髓质结构，特别适于对动物毛的分类鉴别。例如狗毛及猫毛在光镜下不能对其髓质进行鉴别，用本法则可明确予以鉴别。

(2) 据 palenik 认为，本法与 Clement (1981) 的扫描电镜髓质分类法一样可用于动物毛的分类鉴别。

5. 注意：有些毛发的髓质不切开毛小皮，也易被透明试剂侵入，其法如下：

(1) 适用于毛皮的毛：将毛发放载玻片上，加 1 小滴透明的去污剂和 1 滴甘油酒精液，按上文方法煮沸。由于毛皮毛的横断面小，毛小皮受损，透明试剂易于侵入并除去空气。由于毛的直径小，观察髓质细胞很容易。

(2) 适于有大的开放性髓质细胞的毛发：如果允许，将毛发切成小段放载玻片上，加 1 小滴去污剂和甘油酒精液，盖上盖片，则透明试剂可由毛发断端侵入，煮沸后，放置载片过夜。翌晨大都能完全透明。

(二) 扫描电镜的检查法

1. 将毛发用中性洗涤剂清洗 15 分钟，剪成适当长度，然后纵行切开。
2. 用丙酮浸泡 5 分钟，用 50%戊二醛固定约 40 分钟。
3. 用磷酸缓冲液冲洗 30—60 分钟，每隔 10 分钟更换一次缓冲液。
4. 用 2%鞣酸浸泡 4 小时进行导电染色。
5. 用磷酸缓冲液洗数次，放入 1%锇酸 (O_sO_4) 中进行再固定及导电染色 30 分钟。
6. 用磷酸缓冲液冲洗后，用上升系列 (70—100%) 乙醇逐次脱水各 15 分钟。
7. 放入醋酸异戊酯中浸泡 15 分钟后，进行临界点干燥。
8. 把纵向切开的毛发纵断面向上粘在样品台上，放干燥箱中烘干。用白金溅射仪进

行白金喷涂。

9. 用扫描电镜进行观察。

七、毛发染色法

（一）毛根染色法

1. 取检材及对照毛发，分别用乙醚纯酒等量混合液脱脂。

2. 用5%醋酸锌溶液固定5—10秒钟。

3. 用蒸馏水充分洗净。

4. 再浸入5—10%硝基铁氢化钠（sodium nitroprusside）溶液中10—30秒。

5. 纯酒脱水，树胶封闭。

结果：拔下毛的毛球及其附近未角化的毛囊中含有巯基化合物，能与硝基铁氰化钠作用呈红色；自然脱落毛则无此反应。

（二）毛干染色法

1. 除空气

（1）将毛干放乙醚纯酒等分混合液中15分钟，以蒸馏水充分洗净。

（2）放蒸馏水杯中，室温负压吸引（18—30mmHg）2小时，以除去毛发髓质中的空气。

2. 脱色

（1）脱色液：取用3倍蒸馏水稀释的过氧化氢50ml，加5%三氯化铁溶液1滴。临用时加过量氨水。

（2）将检材放脱色液中脱色15—120分钟。

（3）彻底用蒸馏水洗净。

3. 染色

（1）用1%碳酸复红（carbolfuchsin）水溶液，在同上负压吸引条件下，染色至少15分钟。

（2）加蒸馏水充分水洗。

4. 封片

（1）纯酒精脱水5—10分钟，用苯洗净。

（2）树胶封闭。

结果：本法可对毛小皮及毛干纵断面结构染色。

（三）毛发髓质染色法

第1法

（1）按常法将被检毛发洗净、干燥。切成长约 1cm 的小段。

（2）浸入约 5%藻红（erythrosine）酒精液中，染色约 48—60 小时。

（3）用酒精洗净、干燥，用中性树胶封闭。最好放置数日后镜检。

（4）结果　可有以下 4 种不同情况：

①髓质因有树胶浸入而透明。髓质细胞间质被藻红染成红色，髓质的结构清晰。

②髓质透明，但微细结构不十分清楚。

③髓质透明，但有部分髓质未侵入树胶而呈暗色。

④树胶全未侵入，髓质呈黑色。

第 2 法

（1）同第 1 法之（1）处理。

（2）将毛发小段浸入 Sudan Ⅲ 二甲苯饱和液中，染色约 1—2 小时。

（3）以树胶或甘油封闭，立即镜检。

（4）结果　Sudan Ⅲ 液充满髓质内间隙，髓质细胞呈红黄色。

（贾静涛）

参考文献

1. Svensson A, Wendel O. Techninques of crime scene investigation. 2nd ed. New York: Elsevier. 1978: 140—146.
2. Hicks JW. Microscopy of Hairs, A practical guids and manual. FBI Publ. 1977.
3. 郭景元主编。实用法医学。上海科技出版社。1980: 654
4. Glaister J. Medical Jurisprudence and Toxicology. 9th ed. 1953: 110—124.
5. Барсегянц ЛО, Верещака МФ. Морфологические особенности волос человека. Москва: Медицина. 1982: 7—27.
6. Гельбом РГ, Корнеева НП. Судебномедицинское исследование. Вещественных доказательств. Москва: Медицина. 1965: 172—210.
7. 贾静涛等。头发与阴毛的鉴定例。辽宁医药。1980; 9 (2): 42.
8. Fong W, Inami SH. Simple, rapid, and unique hand techniques for cross-sectioning fibers and hair. J Forens Sci 1988; 33 (2): 305—309.
9. 林宙田。個人識別による観たる日本人頭発の形態学的研究。東京医科大学雑誌。1960; 18 (2): 423—447
10. Palenik S. Light microscopy of medullary microstructure in hair identification. Microscope 1983; 31: 129—137.

第三章 人毛与动物毛的鉴别

第一节 毛小皮

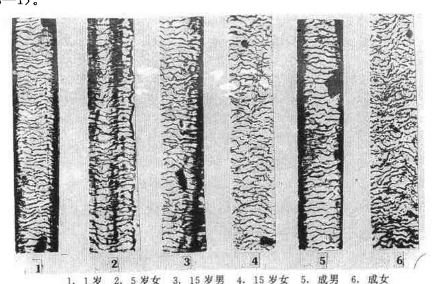
通过普通显微镜和电子显微镜的研究表明，毛小皮对鉴别人与动物毛，区别动物种属均有重要的意义。用普通显微镜观察的是毛发的印纹标本；用电子显微镜观察的是洁净干燥的毛发，经真空喷涂仪喷碳或金后放大进行观察，也可用异丁烯酸酯（methacrylate）膜制成印纹后观察。

一、毛小皮印纹标本的观察

（一）人头发的毛小皮印纹的光镜观察

人头发毛小皮鳞片的单个形态在印纹标本上是看不到的，能见到的是许多与毛干垂直的不规整的波纹状细线条，这些线条大致平行或者交叉，波峰指向毛尖。

人头发毛小皮波状纹有些许年龄性的差异。在初生儿，为大致平行的微小波状纹，波较平，近似不规整的线状，毛干横径约 30—45μm。1 岁婴儿的毛小皮印纹比初生儿的小波状纹稍大，不整形，毛干横径约 30—60μm。5 岁幼儿比 1 岁婴儿的毛小皮印纹波形略大，不规则，毛干横径约 45—90μm。至 15 岁，男性为大致平行的不规则波状纹；女性多见不规则的大小波状纹，比男性显著不规则，毛干横径约 60—105μm。成年男性，也是不规整的波状纹，大体平行；女性比男性的波状纹更不规整。毛干横径约 60—130μm（图 4—3—1）。



1. 1岁 2. 5岁女 3. 15岁男 4. 15岁女 5. 成男 6. 成女

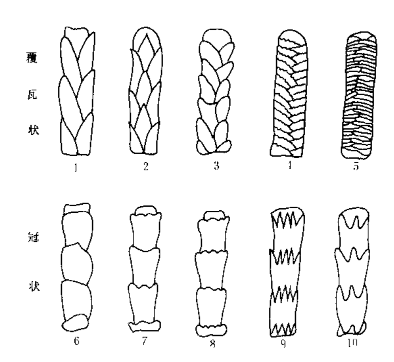
图 4—3—1 人头发的毛小皮印纹

（二）动物毛的毛小皮印纹的光镜观察

毛发是哺乳动物特有的一种结构，几乎所有的哺乳动物都有毛发。动物毛的毛小皮印纹呈多种形态。Danforth（1925）将动物毛毛小皮的排列与形态分为二大类型：（图 4—3—2）

1. 冠状型（coronal）　又分为：(1) 简单形（simple）(2) 锯齿形（serrate）(3) 齿形（dentate）

2. 覆瓦状型（imbricate）　又分为：(1) 长形（elongate）　(2) 长尖形（acuminate）(3) 卵圆形（ovate）(4) 钝锯齿形（crenate）(5) 扁平形（flattened）



1. 长形　2. 长尖形　3. 卵圆形　4. 钝齿形　5. 扁平形
6. 简单形　7. 锯齿形　8. 锯齿形　9. 齿形　10. 齿形

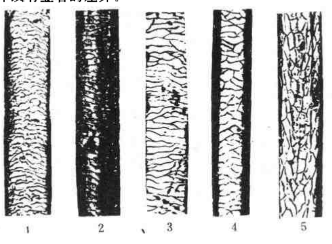
图 4—3—2　光镜下动物毛毛小皮的分型

人毛发毛小皮属于覆瓦状钝锯齿形，但属于这一类型的不仅是人毛发，与人亲缘较近的其他灵长类动物，如黑猩猩、弥猴等也属于这一类型。黑猩猩的毛小皮印纹呈大体平行的，不规则的小波状，与成人头发毛小皮印纹十分相似（图 4—3—3）。弥猴的毛小皮印纹也呈大体平行的，不规则的小波状，但其鳞片边缘比较平滑，不像成人毛小皮印纹那样呈明显的小锯齿状。

其他狗、猫等动物毛小皮印纹也与人的相似，呈不规整的波状纹，但有些部分小波状消失，呈不规则的线状纹。这一点在山羊与马最为明显，其小波状纹消失，由较光滑

的线条形成网状印纹，与人毛小皮印纹有显著的差异。

致于图4—3—3中所示的豚鼠与大鼠的毛小皮印纹，虽然均属于覆瓦状型，但豚鼠的毛小皮印纹有如不整形的四角形屋瓦相互重叠；而大鼠毛小皮印纹则呈与长形或长尖形相似的覆瓦状型，与人毛小皮印纹相去甚远，可以无疑地做出鉴别。



1. 黑猩猩　2. 弥猴　3. 山羊　4. 豚鼠　5. 大鼠

图4—3—3　几种动物的毛小皮印纹

长形或长尖形毛小皮，其各个鳞片有时突出于毛干之外，形如棘状。这种花纹可见于貂皮毛、海豹毛及其他一些动物毛，但不见于人毛。

冠状花纹常见于直径较细的毛发，如小啮齿动物毛和蝙蝠毛，不见于人毛。

二、人头发毛小皮的电镜观察

（一）毛小皮印纹的分型

津田，西等（1960）采用异丁烯酸酯膜复制毛小皮印纹法（毛发表面向60℃处理的树脂膜上压印后，以45°角包被铬，然后喷铝）制取毛干中央部毛小皮印纹，看到各毛小皮鳞片都是以其末端侧迭盖次一个鳞片的根部外侧。根据毛小皮鳞片缘线（scale edge line）所构成的毛小皮印纹形状，线的明显程度，排列的方向性与连续性，毛小皮的厚度与破坏情况以及鳞片表面的性状等，将毛小皮的印纹象分为以下6型：（图4—3—4）

第1型　特点是毛小皮纹理的形成不充分，纹理的方向性较规整，总的显示一定的方向。鳞片缘线起伏不足，比较平滑。鳞片缘线较短，常有断离，与左右相邻缘线之间留有阶梯状间隔。此型见不到毛小皮线（epicuticle line）。由阴影部测定可知其鳞片厚度极薄。鳞片表面光滑，无特殊的结构。鳞片缘线间隔约5μm。有些地方纹理不清，间隔的距离有一定的动摇。

第2型　特点是鳞片缘线较第1型清楚，而且总的显示规整的方向性。鳞片缘线的凹凸显著，既有大波状的缘线起伏，在起伏缘线中又有矛状尖锐的微凹微凸。缘线基本上是连续的，断裂处比较少见。所谓毛小皮线不清楚。鳞片的厚度，即使在同一鳞片，也因部位而异。在鳞片表面，沿鳞片缘有带状隆起。见不到鳞片缘的破坏象。以缘线为代表的纹理间隔约为8μm。

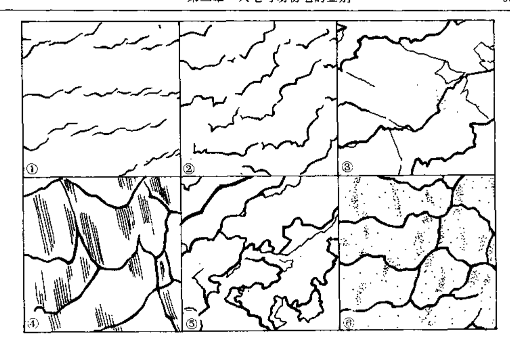
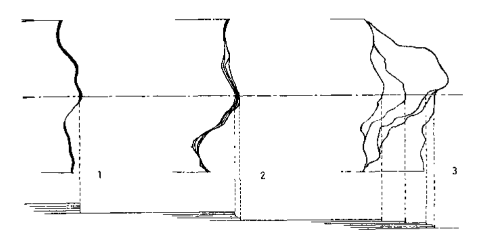


图 4—3—4　毛小皮印纹的电镜分型示意图

第 3 型　是最多见的一型，呈典型的波状纹。纹理非常清楚。方向性较规整，但有处较乱。鳞片缘线的起伏显著，在一个大的起伏中有许多微凹微凸，大小凹凸都比较陡锐，但与第 2 型相比，总的锐度较差。缘线全部是连续的，偶见有断离。鳞片表面大体平滑，常见有所谓的毛小皮线（横断数个毛小皮的细线）。鳞片的厚度较厚。鳞片缘由于受外界影响，有的显示某种程度的破坏象，即在两鳞片之间不是以一条鳞片缘线为界，而是以纤细的呈阶梯状排列的数个线条为界（图 4—3—5）。纹理间隔约为 7—8μm。



上图代表毛小皮鳞片缘的电镜所见，下图为鳞片缘断面假想图。

1. 鳞片缘无破坏；　2. 由于破坏，鳞片缘显示细的阶梯样结构；　3. 由于破坏，鳞片缘显著剥离

图 4—3—5　毛小皮鳞片缘线超微结构示意图

第 4 型 ·此型最近似屋瓦状。即其纹理十分鲜明，方向整然，大致呈上下与左右两个方向走行，两轴略呈直交。鳞片缘线比较低平，起伏不足，微凹微凸也较少见，有的犹如直线。此型鳞片缘线与第 1、2 型均不相同，缘线连贯，几无断离。毛小皮鳞片厚度较薄。鳞片表面光滑平坦，看不到明显的毛小皮线。此型特有的，不见于其他型的结构是所谓纵行线样结构。纹理间隔约为 7—8μm。

第 5 型 纹理形态不整是本型的主要特征。纹理明显但方向不定；缘线起伏明显但无规律；缘线连贯但多处可见破坏象，部分并有剥离脱落，有的鳞片大部分层离脱落，仅有少部分残留。鳞片表面除破损部外，大都光滑。看不到毛小皮线。鳞片一般较厚。

第 6 型 此型与第 4 型类似，即纹理鲜明，方向整然，大致显示上下与左右两个方向。常见各轴互成直角。鳞片缘线起伏明显，微凸微凹较大而钝。纹线几乎都是连续的。鳞片缘部分有破坏象，但不如第 5 型显著，是与第 3 型类似的小的阶梯形破坏。鳞片较厚。表面看不到毛小皮线，也没有纵行线样结构。但鳞片表面并不平滑，有缓慢的隆起和浅凹。纹理间隔约为 7—8μm。

上述分型是根据毛干中部取材观察得到的，同一毛发近毛尖和毛根取材，结果大体一致，但在肾形毛或卷毛则略有差异。与 Martin 对毛发外形所作的分类比较大致如表 4—3—1。其中硬直毛的毛小皮表面象，一般属于第 2 型。平直毛一般属于第 3 型，近毛尖和毛根部略有差异。新生儿的平直毛一般属于第 1 型，有的属于第 4 型。微波毛，在毛干中部属典型的第 3 型，在毛根和毛尖部略有变异，但大体上仍属于第 3 型。宽波毛与微波毛的毛小皮纹理相同，属第 3 型。卷波毛与卷毛的毛小皮纹理没有根本的差异，可因部位不同而分属于第 3、5、6 型。其弯曲度较大部位属第 5 型，弯曲度不大的部位属第 3 型。第 6 型在头发比较少见，在阴毛比较多见，可能是弯曲度较大的部位经常受机械磨擦所致。

表 4—3—1 人毛电镜分型与人类学分类的比较

Martin 分类	电镜分型
硬直毛（tough straight）	Ⅱ
平直毛（smooth straight）	Ⅲ
平直毛（新生儿）	Ⅰ、Ⅳ
微波毛（plain wavy）	Ⅲ
宽波毛（heavy wavy）	Ⅲ
狭波毛（narrow wavy）	—
卷波毛（curled）	Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ
卷毛（frizzy）	Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ

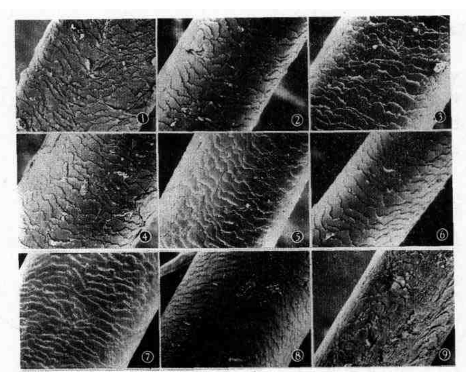
电镜下观察到毛小皮印纹鳞片缘的破坏象是一重要发现，其中包括各种细小的阶梯样结构与小皮剥离结构都说明鳞片是由数层板层薄膜重合构成的。结合毛小皮断面的电镜下所见（图 4—1—11），有力地说明毛小皮鳞片是由多层细胞构成的，不是单一的鳞片。

毛小皮线与纵行线样结构是平井与大和（1957）发现的两种毛小皮表面结构。认为毛小皮线可能是毛小皮折迭或连结线，该线在幼儿头发及阴毛较少见，在人头发及动物（家兔）毛发比较明显。纵行线样结构最先见于家兔毛小皮，是与毛发长轴平行的，宽约0.16—0.2μm的线样结构。此结构在新生儿头发也可见到，属第4型毛小皮的特有结构。

（二）毛干毛小皮的直接扫描电镜观察

在扫描电镜下毛干呈圆筒形，毛小皮的屋瓦状覆盖方式与光镜下的所见一致。毛小皮高度角化透明而无色。呈波浪形轮廓，游离端倾向毛干的末端（图4—1—10）。然而在扫描电镜下，头发毛小皮表面有的平滑，有的粗糙，游离缘具有微凹微凸及纹沟，且显示有一定的厚度，有的外翻，有的内卷，锯齿状轮廓非常清楚，而又非常复杂。

据詹重万等（1983）研究，成人头发毛小皮呈屋瓦状平行排列是基本的，此外尚可



①头前部黑发，鳞片宽窄不同，↑示粘连。
②同一人枕部头发，鳞片轻度干裂。
③同一人左侧黑发，小皮大小不等，小↑示游离缘交叉，大↑示粘连。
④同一人右侧黑发，显有干燥龟裂。
⑤粗黑发，鳞片覆盖较密。
⑥细白发，鳞片相互平行，游离缘间距较宽，鳞片厚，覆盖纹沟较深。
⑦长辫黑粗发近头皮段，鳞片覆盖层多而紧密，纹沟不明显，图中部有粘连，游离缘平滑。
⑧长辫黑发之中段，小皮覆盖层次密，有多处外伤痕迹。
⑨长辫黑发之末端，小皮鳞片受损，纹理紊乱。

图4—3—6　人头发的扫描电镜像（×500）

见有以下几个特点：(图 4－3－6)

1. 局部交叉 即毛小皮排列在基本上平行之中，有处呈 X、Y 形交叉缘。(图中③)

2. 局部粘连 即在基本平行的游离缘中，有的局部似有粘连，呈半放射状，相邻的几个毛小皮侧游离缘在一点上相交。(图中①③⑦)

3. 排列紧密 毛小皮排列的距离短而且紧密。(图中①⑦⑧) 多见于粗发。

4. 排列疏松 与上述相反，有时小皮间排列疏松。(图中⑥) 多见于细发。

粗发与细发的毛小皮纹理似有明显不同。粗发毛小皮游离缘的微凸与微凹较平小，间距较细发为近，小皮层数较多，显示生长较快和旺盛，多见于青年人。细发小皮间距较宽，层次较少，微凸与微凹形成的锯齿相对较大，可能生长较慢。

图中⑦—⑨为长辫黑发的毛小皮纹理，其近头皮段小皮纹理密而整齐，较为平行，游离缘锯齿较小。末端处纹理受损而显得紊乱，距离增宽。

同一个体不同部位的头发小皮纹理均有不同。(图中①—④)

头发毛小皮纹理与年龄也有一定关系。据张鸿飞等 (1983) 观察，不同年龄组有以下特点：

1. 新生儿组 毛干较细，毛小皮纹理整齐且相互平行。纹理线间距较宽 (4.5—5.8μm，平均 5.2μm)。覆瓦状毛小皮薄而光滑，大致均匀，游离缘较平滑，微凸及微凹极少见。(图 4—3—7)

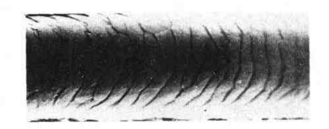


图 4—3—7 新生儿头发 (毛干中段) 扫描电镜像

(石津，1973)

2. 少年儿童组 毛干较新生儿组为粗。毛小皮纹理整齐，多数相互平行，纹理间距较新生儿组窄 (4.4—5.8μm，平均 5.0μm)。纹理线疏密不一，纹沟较新生儿组稍深。毛小皮稍厚且大小不一，游离缘锯齿状，微凸和微凹增多。

3. 青年组 毛干最粗。毛小皮纹理线大部平行，局部交叉，纹理线疏密不一 (3.8—6.0μm，平均 5.0μm)。毛小皮较厚，大小不均，游离缘锯齿状，微凸及微凹较多。

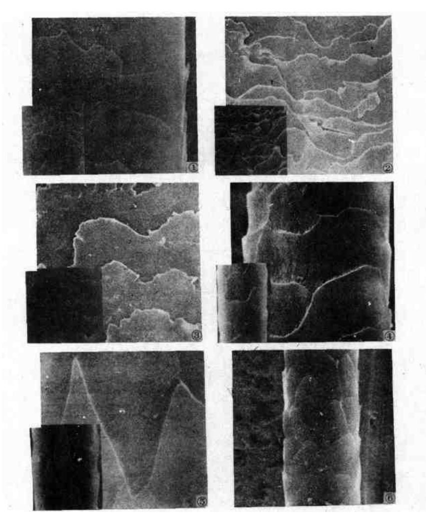
4. 中年组 毛干较青年组细。毛小皮纹理线部分不整齐，部分平行，部分交叉，似青年组。纹理线间距接近青年组 (4.3—5.7μm，平均 5.0μm)。纹沟较深。毛小皮厚，大小不一。游离缘锯齿状，微凸和微凹明显。

5. 老年组 毛干较细。毛小皮纹理部分平行，部分交叉。纹理间距宽（5—5.8μm，平均 5.4μm）。毛小皮大小不一，游离缘部分呈锯齿状，部分平滑。

三、动物毛毛小皮的扫描电镜观察

（一）几种普通动物毛毛小皮的扫描电镜像

石津日出雄等（1973）在扫描电镜下直接观察了一些常见动物的毛小皮形态。这些毛小皮形态大都与人的不同。（图 4—3—8）



1. 牛毛（×1800） 2. 猪毛（×1800） 3. 马毛（×1800） 4. 绵羊毛（×1800）
5. 大鼠毛（×1800） 6. 猫毛（×600） 插图×600

图 4—3—8 几种普通动物毛毛干的毛小皮扫描电镜像
（石津 1973）

牛毛：毛根部毛小皮游离缘呈比较单纯的大波状走行，显示比较规整的纹理。毛干部毛小皮纹理的弯曲度增加，但微凹微凸较少。近尖端部，波形更加陡锐，弯曲度也增

强。

猪毛：毛小皮较厚，由根部起，小皮游离缘就呈现较多的锯齿样凹凸且不规则。纹理间距狭窄。近尖端部大都呈分枝状毛，小皮纹理不清，可见内部的皮质面结构。

绵羊毛：不论根部或毛干部都呈现比较规整的纹理。波形较大，游离缘比较光滑，纹理间距较宽，特征性较为明显。

马毛：毛根部纹理单纯，无明显的微凹微凸。至毛干部，微凹微凸增加，呈比较规整的波状纹。近尖端，纹理类似，间距变狭窄。

猫毛：毛根部毛小皮纹理不清，至毛干部才呈现清晰的纹理。不论毛干、毛尖部的小皮纹理都呈鲜明的鱼鳞样结构。

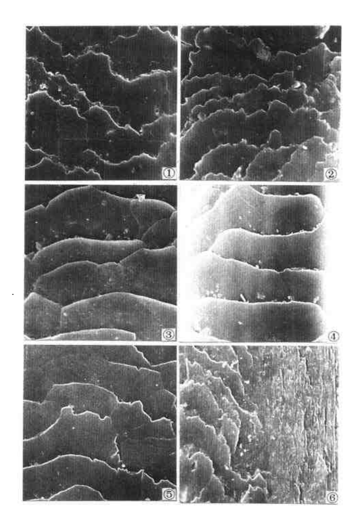
大鼠毛：毛根部小皮纹理呈横行线状，很少凹凸。毛干部及毛尖部小皮纹理如同杉树林立，颇具特征。

（二）野生动物毛的毛小皮扫描电镜像

朱小曼等（1986）由动物园得到45种野生动物毛，观察了毛小皮的扫描电镜像。发现各种动物毛小皮纹理的形状、大小、密度、厚度及游离缘形态等不全相同，在扫描电镜下显示多种特征。认为至少可分为三大类：锯齿型、平直型和混合型。几乎中小型动物的毛小皮鳞片多为锯齿型和混合型，面大中动物的毛小皮鳞片多为平直型（图4—3—9）（表4—3—2）。

表4—3—2　　45种野生动物毛小皮扫描电镜像的分类

锯齿型		平直型	混合型
小熊猫	黄猄	印度花鹿	扭角羚
苏门羚	黑鹿	华南虎	斑　羚
恒河猴	青海马鹿	长角羚	猞　猁
大灵猫	非洲狮	家　兔	美洲狮
西藏牦牛	豺狗	小袋鼠	羊
黑　熊	海狸鼠	白马	四川猴
狗	斑马	马鹿	雪　豹
野　牛	爪哇鹿	岩羊	长臂猿
翠　猴	赤大袋鼠	梅花鹿	蓝牛羚
猴	雌　豹	麋鹿	
猪		猫	
		金钱豹	
		黄　马	
		野　驴	
		东北虎	



1．青海马鹿（锯齿型）　2．非洲雄狮（锯齿型）　3．长角羚（平直型）
4．小袋鼠（平直型）　5．斑羚（混合型）　6．马熊（毛小皮大片脱落）
图 4—3—9　几种野生动物毛毛小皮扫描电镜像（×1000 倍）
（朱小曼等赠图）

1．锯齿型　共有 21 种动物毛属于此型。鳞片多为片块状，呈波浪形相连，大小中等，方向一致，排列平行。多数动物毛小皮鳞片间距不远，有的相距很近，且排列相当规则。鳞片厚度多数中等，少数较厚。鳞片游离缘多呈浅表的锯齿形微凹微凸，少数凹入较深。游离缘有的撬起，有立体感。

2．平直型　共有 15 种动物毛属于此型。特点是游离缘呈直线型，平整，无锯齿或微凹微凸。鳞片较大，呈宽的长片形，环绕毛的长轴，排列较密，厚度较厚。鳞片间距较远。有的游离缘较厚，明显高起。

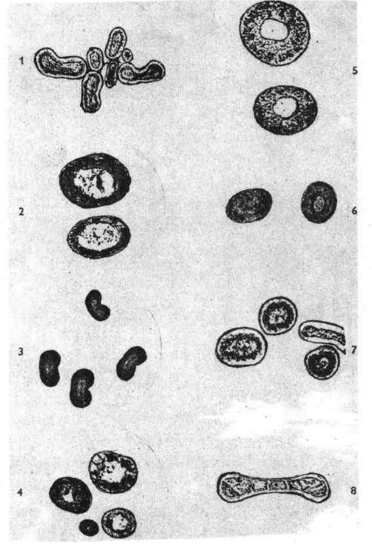
3．混合型　有 9 种动物毛属于此型。特点是小皮鳞片或为波浪形兼具鱼鳞形，或为斜长片状兼具鱼鳞形，或为长片形兼具波浪形。鳞片的游离缘也兼具平直与锯齿两种形

态。

此外，在一些大的野生动物由于经常滚擦身体，可见毛小皮部分或全部脱落的现象。鳞片脱落后露出皮质，呈长条形、片块状或碎块状等各种形态。

第二节　皮　　质

为鉴别人毛与动物毛观察毛发的皮质，着重在皮质的宽度和色素分布状况。



1. 松鼠　2. 猫　3. 羊　4. 狗　5. 马　6. 牛　7. 大鼠　8. 兔

图 4—3—10　动物毛的横切面

（引自 Rentoul E，Smith H）

人毛皮质很宽，其宽度约为髓质的 4--5 倍；动物毛皮质大都很窄，窄于髓质。皮质的狭窄情况因动物种类而不同，如鹿及山羊毛皮质极窄，熊及马毛皮质约占毛干的 1/3，而一些动物的绒毛无髓质，毛干全部为皮质所占有。但也有些动物毛的皮质占毛干的大部分，如猪毛、牛毛等，一见之下不易与人毛发相鉴别。

黑色素在人毛几乎普遍存在于整个毛干；动物毛则有的呈带状或环状分布，在很短的距离内可能变成完全不同的颜色。

毛发的横切面有助于观察色素颗粒在皮质中的分布状况。在人毛，黑色素大都密集分布于皮质的外围，即毛小皮侧。而动物毛常呈向心性分布，即多集中于髓质的周围（图 4—3—10）。人毛的黑色素颗粒多较细小，而动物毛的色素颗粒多较粗大。

第三节 髓 质

一、髓质的宽度

人毛髓质并不是在所有的毛发中都存在的，其存在与否主要取决于毛发的宽度（直径）。动物毛则不是这样。

人毛髓质很窄，成书记载人毛髓质的宽度常不及毛干的 1/4，通常只有 1/4--1/5。毛干与髓质宽度的比较，常用两种统计量。一是髓质指数（medullary index），一是毛干直径与髓质直径的比率。

表 4--3—3 中国人头发（顶部）毛干、髓质直径与髓质指数 *

年龄（岁）	男				女			
	毛数/例数	毛干	髓质	指数	毛数/例数	毛干	髓质	指数
1—5	70/22	65.4	10.5	16.1	43/14	69.1	9.3	13.5
6--10	84/27	79.6	12.2	15.3	95/28	70.1	11.7	16.7
11—15	78/25	84.5	15.1	17.9	67/21	85.9	15.9	18.5
16—19	65/21	91.6	15.8	17.2	74/23	91.9	16.5	18.0
20—29	138/12	97.1	17.2	17.7	126/35	94.9	17.5	18.5
30—39	142/40	96.8	15.5	16.0	125/36	93.5	17.2	18.4
40—49	103/28	97.4	15.4	15.8	126/37	94.8	18.0	19.0
50—59	115/32	90.6	16.3	18.0	44/13	88.8	16.5	18.6
60--69	29/9	87.2	16.2	18.6	21/6	87.0	18.0	20.1
70—79	4/1	75.4	14.0	18.6	9/3	82.9	16.3	19.7

* 原始数据引自张万洲等。按 opinard 毛发直径=（长径+短径）/2 求得毛干及髓质直径。

表 4—3—4　　中国人头发（顶部）毛干、髓质直径的比值

性别	年龄（岁）									
	1—	6—	11—	16—	20—	30—	40—	50—	60—	70—
男	6.2	6.5	5.6	5.8	5.6	5.6	6.3	5.6	5.4	5.4
女	7.4	6.0	5.4	5.6	5.4	5.6	5.3	5.4	5.0	5.1

$$髓质指数=\frac{横断面髓质直径}{横断面毛干直径}\times 100$$

编者根据张万洲等报告的我国人毛干与髓质的长径与短径资料，分别求得毛干直径、髓质直径及髓质指数如表 4—3—3。由表可见，除 1—5 岁组髓质指数男性较高于女性，40—49 岁组女性略高于男性外，其他各年龄组髓质指数没有明显的性差。髓质指数高表示其髓质相对较宽。

毛干直径与髓质直径的比值如表 4—3—4 所示。10 岁以下组，其比值在 1/6—1/7 以下；11 岁以上的少女乃至成年组都在 1/5—1/6 以下。在男性，11 岁以上各组毛干直径平均相当于髓质直径的 5.66 倍；在女性，平均相当于 5.33 倍。

动物毛的髓质大都很宽，最宽的可占整个毛干宽度的 9/10。其髓质指数大都在 30—50 以上，与人毛有明显的差别。

对某些动物毛的直径测量显示，有些动物毛比人毛发为粗，有些则较细（表 4—3—5），其间大都有明显的差别。例如牛毛与猪毛的髓质光镜所见很像人毛髓质，但其毛的直径比人毛显然粗得多，因此是一个值得注意的鉴别指征。

表 4—3—5　　人毛与动物毛的直径比较

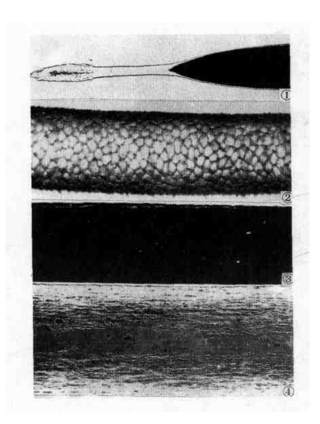
动物种类	毛数	均值±S. D.（mm）	变异数%
人头发：男	1 500	83.54±20.08	24.0
女	1 500	100.18±18.36	18.3
绵羊毛发			
细毛绵羊（澳洲）	1 500	24.6± 5.54	22.51
细毛绵羊	1 500	18.4± 4.6	24.9
杂种	1 500	28.68± 6.44	22.4
猪	1 500	220.95±52.64	23.8
马	1 500	66.37±16.92	25.5
山羊	1 500	84.91±27.32	27.46
骆驼	1 500	36.71± 17.2	46.8
水牛	1 500	136.34±23.56	17.3

（Ащурбеков，1981）

二、髓质的显微结构

（一）髓质的观察方法

毛发用通常的方法封片，有些动物毛在光学显微镜下可以明显看出髓质的结构，有的则因为髓质中含有空气，光镜下呈黑色，无法观察其内部结构。这种因为含气而不能观察髓质结构的毛发，如用偏光显微镜观察，则易于看到结构细节乃至色素沉着情况。如用红外线显微摄影法(infrared photomicrography)，由于照明更好，更适于观察毛发髓质，只是需要掌握严格的聚焦经验。(图4—3—11①②)



1. 鹿毛毛根及部分含气髓质的毛干（×75）
2. 鹿毛毛干红外摄影显示的髓质细节（×145）
3. 高度色素沉着的牛毛毛干（×650）
4. 脱色后的牛毛毛干，显示含气的髓质和皮质色素（×650）

图4—3—11 鹿毛与牛毛
(引自W. E. Evans)

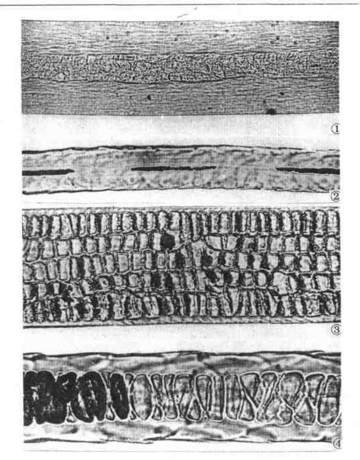
皮质中的色素是观察髓质结构的又一障碍。用纵断切片法可以克服这一障碍，但最方便的方法还是用过氧化氢脱色，脱色后可以看到髓质（图4—3—11③④)，若髓质仍呈黑色，则须在真空条件下除去髓质中所含的空气，则髓质结构即清晰易见。(图4—3—12)。

Palenik 提出的切开髓质除气透明法是在光镜下观察髓质结构的最佳方法之一，特别是在没有扫描电镜设备的情况下更便于采用。如图4—3—13所示，按一般封片方法，羚羊毛髓质结构模糊，采用该法后观察到髓质泡沫状结构的细节；野鼠毛的髓质结构虽然较为清晰，但采用本法后更为清晰地看到髓质中存在的液泡和较大略呈椭圆形的色素颗粒。

（二）根据髓质连续情况的分型

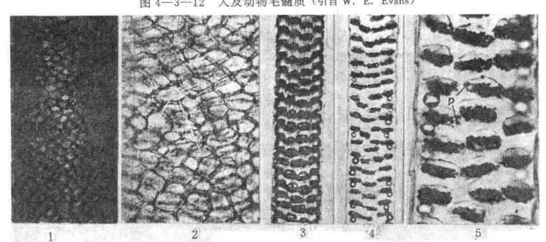
Hausman(1930)根据髓质的连续情况将髓质分为5型：(图4—3—14)

1. 直径0—10μm的毛发，无髓质。
2. 直径0—45μm的毛发，非连续型髓质。



1. 除气后的人胡髭毛干，连续的髓质（×285）　2. 狗毛，含气的间断的髓质（×600）
3. 兔毛，多列梯形髓质及色素（×700）　4. 赤狐毛，非连续型髓质部分除气后（×650）

图 4—3—12　人及动物毛髓质（引自 W. E. Evans）



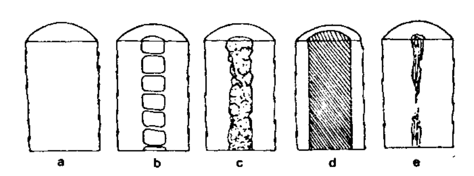
①羚羊毛髓质（一般封片）　②同①（切开髓质透明）
③野鼠毛髓质（一般封片）　④、⑤同③（切开髓质透明）　P：色素颗粒

图 4—3—13　羚羊毛与野鼠毛髓质
(Palenik)

3. 直径 45—75μm 的毛发，中间型髓质。

4. 直径 75—90μm 的毛发，连续型髓质。

5. 直径 100μm 以上毛发，断片型髓质。



a. 无髓质　b. 非连续型髓质　c. 中间型髓质　d. 连续型髓质　e. 断片型髓质

图 4—3—14　Hausman's 髓质分类法

根据上述分类。a—d 多见于动物，e 多见于人类。人的毛发髓质根据其连续情况，通常分为 3 类：断片状、不连续状与连续状：（图 4—3—15）

1. 断片状　2. 不连续状　3. 连续状

图 4—3—15　人毛髓质的分类

根据上述分类，各型所占比例如下：

分型	男性（%）	女性（%）
连续状	64.7	68.2
不连续状	24.8	15.3
断片状	10.5	16.5

（三）根据髓质形态的分类

人毛发髓质细胞很小，且彼此挤压存在，常表现为无结构状（图 4—3—12①）。动物毛髓质细胞常较大，且呈界限清楚的有秩序的排列。不少动物毛髓质结构都是一幅十分美丽的图案。动物毛髓质宽度均一。人毛则宽窄不一。动物毛髓质细胞的排列形式有以下几种：（图 4—3—16）

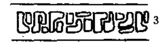
1. 单列或多列梯形，常见于兔毛。

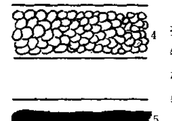
2. 细胞形或空泡形，常见于多种动物。

3. 格子形，如鹿科动物。

4. 无定形，见于猪、牛等动物。

动物毛的皮质常侵入髓质，将髓质分割成盘状或单个的细胞；人毛皮质则不侵入髓质，不分割髓质。





1. 单列　2. 多列梯形　3. 空泡形
4. 格子形　5. 无定形
图 4—3—16　动物毛髓质结构类型示意图
(引自 Hicks JW)

三、髓质的超微结构

光学显微镜下研究毛发髓质结构有两个主要不便之处，一是整个毛发靠透射光照明需通过毛小皮和皮质才能观察到髓质；二是光学显微镜的分辨率与焦点深度都不足以观察髓质的细微结构。

光学显微镜的研究显示毛发髓质是由并列堆积的细胞和气室（气泡）构成的，但这些细胞与气室的真实形状及其相互关系多不明了。

鉴于以上原因，Clement 等（1981）就毛发的纵切面用扫描电镜观察髓质的一般形态，就毛发的横切面用透射电镜观察髓质细胞的结构特点。在研究一百余种动物毛的基础上，将髓质细胞分为 3 个主要类型，并提出了哺乳类动物毛发的鉴定表。

前面已经提到，毛球是由一层未分化的细胞（毛母细胞）包绕的，由于这一层细胞不断分裂、增殖而形成毛发的各层，其中包括髓质。就实验动物（小白鼠、大鼠及豚鼠）毛发的电镜研究表明，发生后的髓质细胞经历进行性的变性；核消失，胞浆中充塞颗粒和小气室（空泡），细胞器（为线粒体）也遭破坏。由于空泡聚集，其数目减少，体积增大。小颗粒也相互融合形成大的团块。

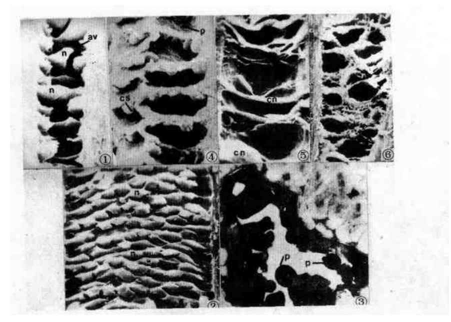
只有成熟的髓质细胞才可见到很大的气泡和胞浆残留物（cytoplasmic remnants），可以认为这些大气泡是由一些小的胞浆内空泡合并的结果。髓质细胞中的胞浆残留物不是由真正的角蛋白构成的，因为这些残留物中缺乏硫，其中只含有痕迹的胱氨酸，而含有丰富的瓜氨酸和谷氨酸。

（一）髓质细胞的电镜分型

第 1 型（图 4—3—17）

此型见于一些小哺乳动物的毛发髓质细胞。其中含有致密的胞浆残留物，大小基本一致，形成核样构造，称之为胞质核（cytoplasmic neuclei）。就有袋类、啮齿类和兔类动物的毛发电镜观察表明，这些核所含的是无定形物质。胞质核是与气泡交错存在的，胞浆的气泡化过程是有极性的，即空泡有聚集于细胞中一个部分的倾向，留下大部分是未受到损害的胞浆。这一型相当于哺乳动物种系发生的原始阶段：包括有袋类、啮齿类和兔类动物的毛发。同属于这一类的食虫类动物和小猿毛发，其胞质核开始出现明显机化

的超微结构（双相结构）。



1. 鼬（负鼠）：胞质核（n）与气泡（av）交错存在　2. 河鼠：形状规整，排列整齐的胞质核
3. 同上 TEM 象：黑色素（p）不在胞浆中，而在气泡的表面　4. 兔：气泡壁有小的胞质球（cs）
5. 刺猬：扁形胞质核（cn）成层排列　6. 小狼：致密的髓质分割气泡

图 4－3—17　第 1 型动物毛髓质超微结构

第 2 型（图 4—3—18）

此型髓质空泡没有汇聚于胞浆某一部分的倾向性，而是趋于完全占有胞浆。空泡使胞质核完全或部分消失并占有其原有部位。空泡较大，形状不一，被一些薄的胞浆壁所分隔。此型又分 2 种亚型。

亚型Ⅰ的特点是在气泡壁中含有一些液泡（vacuoles）。此亚型见于食肉动物，进一步尚可区分为：

（1）猫科（Felidae）动物毛，其气泡普遍较大而空虚。

（2）鼬科（mustelidae）动物毛，其气泡小且常被分隔成更小的空泡。

（3）犬科（canidae）动物毛，其气泡小，常被分隔成更小的空泡。

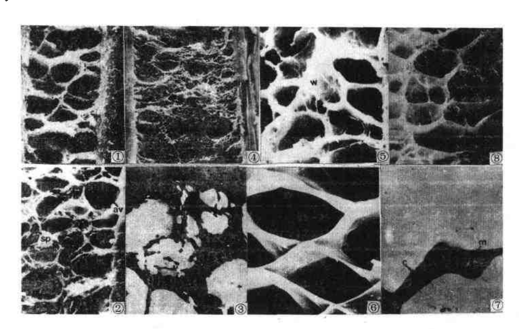
亚型Ⅰ中的这 3 种类型不易鉴别，且常见移行型。

亚型Ⅱ的特点是髓质细胞中的气泡有完整的壁，所有的液泡都落入气泡中，而分割气泡的壁是由几乎没有液泡的胞浆残留物构成的。这一特征仅见于有蹄类动物的毛发。这一类毛发根据髓质的辅助性形态特点又可分为：

（1）奇蹄类动物（perissodactyls）毛发，其气泡壁表面由于存在液泡融合的印记而表现粗糙。气泡壁厚但并不均匀（切面没有平行的边缘）。

（2）真反刍偶蹄类动物（true-ruminant artiodactyls）毛发，气泡壁表面光滑，厚度

比较均一（切面有近于平行的边缘）而且薄。在鹿科（cervidae）动物毛，气泡是按规整的构型（蜂窝状）分布的；而在大多数有空心角类动物（cavicorns）其配布构型是不规整的。



1. 猫：大气泡，气泡壁被穿透　　2 食鱼貂：气泡壁常分隔（sp）
3. 同 2. TEM 象　　4. 狐：气泡壁极常分隔
5. 马：气泡壁表面粗糙　　6. 驯鹿：规整的气泡壁
7. 同 6，皮质（c）侵入髓质（m）中　　8. 南非羚羊：气泡壁不如驯鹿规整

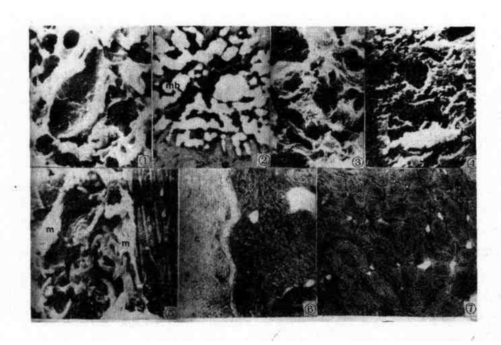
图 4—3—18　第 2 型动物毛髓质超微结构

第 3 型（4—3—19）

此型毛发的髓质在光镜下观察时呈颗粒状或有致密感。其气泡小，胞浆残留物的容积也很重要。髓质较狭窄，有被挤压感。此型又分为 2 种亚型。

亚型 I 的特点是髓质细胞呈双相超微结构并富于小空泡。用扫描电镜观察时髓质或多或少有些细丝样结构，但髓质细胞没有组成张力细丝与张力原纤维的结构（透射电镜）。骆驼科（camelidae）乃至某些真反刍偶蹄动物（羊）和非反刍偶蹄动物或猪样偶蹄动物等的毛发都属于这一亚型。类人猿科动物毛髓质同样具有上述特点，所以也属于这一亚型。

亚型 I 的特点是髓质细胞也有与皮质细胞类似的张力细丝和张力原纤维样结构。而这一结构是所有人毛发超微结构的特征，与性别、种族和年龄无关。在皮质与髓质张力原纤维的超微结构之间有两个主要不同点：一是髓质细胞对铀酰基醋酸有很强的亲和性，表明髓质细胞和皮质细胞不一样，是乏硫的；另一是髓质的原纤维走行并不与毛轴严格平行，这一点和皮质也不一样。



1. 骆驼：很小的气泡　　2. 同 1，髓细胞膜陷入胞浆中（TEM）
3. 野猪：髓质的致密结构　　4. 类人猿毛发髓质
5. 人：髓质（m）中的张力原纤维与皮质（c）中的相似
6、7. 同 5（TEM）：皮质（c）中张力原纤维纵行；髓质（m）中的横行

图 4—3—19　第 3 型动物毛髓质超微结构

（二）哺乳类毛发鉴定表

Clement 等依据毛发的髓质是否连续，以及他们对各型髓质的观察，提出了哺乳类毛发的鉴定表（表 4－3－6）。就是说这个表的基础是光镜下的一般结构和扫描电镜下的髓质超微结构，必要时包括皮质与髓质的比率。

这个表是依据资料的连贯性和顺序性而编制的，并根据其相互关系和动物进化的情况，一道考虑了动物的属和科。所划分的三大类中，属于第一类的动物毛发间彼此有类似性，但和其他类动物的毛发间则全然不同。

表 4—3—6　　哺乳类毛发鉴定表

Ⅰ. 非连续髓质（图 4—3—14b）	
髓质有胞质核	
（A）核由不定形物质构成	
大小及构筑较规整	有袋类（图 4—3—17①）
大小及构筑规整	啮齿类（图 4—3—17②）
小气泡呈并列柱状排列	兔　类（图 4—3—17④）

续表

(B) 核由双相物质构成	
宽大的或立方形气泡	食虫类及狐猴（图 4—3—17⑤）
扁形气泡	小猿类（图 4—3—17⑥）
Ⅰ. 连续髓质（图 4—3—14d）	
髓质宽，由有双相超微结构的胞浆残留物构成	
(A) 气泡壁为液泡所贯通	食肉类
大而明显个体化的气泡，极少有隔	猫　科（图 4—3—18①）
大气泡，常有隔	鼬　科（图 4—3—18②）
小气泡，极常见有隔	犬　科（图 4—3—18④）
(B) 气泡并有实心壁	
壁厚不同，表面粗糙	奇蹄类（图 4- 3—18⑤）
壁厚均一，表面光滑，气泡宽大，轮廓直线形	多数真反刍偶蹄类
气泡非常规整（蜂房状）	鹿　科（图 4—3—18⑥）
气泡比较规整	空心角类（图 4—3—18⑧）
Ⅱ. 中间型与断片型髓质（图 4—3—14c、e）	
髓质薄，外观致密	
(A) 胞浆残留物有双相超微结构	
气泡很小，窦状，胞浆残留物非细丝性	骆驼类（图 4—3—19①）
气泡小或中等大，胞浆残留物中有细丝	非反刍偶蹄类（图 4—3—19③） 一些真反刍偶蹄类（羊） 类人猿（图 4—3—19④）
(B) 胞浆残留物有张力细丝与张力原纤维的超微结构	人　　（图 4—3—19⑤⑥⑦）

四、兔毛与其他动物毛髓质的鉴别

宋立用（1989）借扫描电镜观察了纵切开的兔毛髓质。兔毛软毛横径约 15μm，纵切面髓质呈单排窗格状空腔结构，腔宽约 10μm，腔壁厚约 2—3μm，空腔间隔厚约 1—2μm。兔毛硬毛横断面呈亚铃形、两端宽约 100μm。硬毛纵切面为多排窗格状空腔结构，其腔宽、腔壁厚及间隔厚均与软毛相同。

经与猫、狗、狐、狼、貉等动物毛干中部髓腔对比，发现狐、貉等的软毛也有窗格状髓腔结构，与兔毛髓腔结构的区别在于其髓腔壁较厚，一般至少在 5μm 以上。这些动物的硬毛髓腔与兔毛差别更大，其髓腔壁厚一般可达 10μm 以上，其他猫、狗、狼等动物毛未见硬兔毛那样的窗格状髓腔结构。

软兔毛与硬兔毛的髓腔宽度与腔壁厚度数值基本一致，其比值约为 4，而其它动物的

软毛比值不超过 2。硬毛髓腔结构与硬兔毛有很大差别，无需估算即可区别。

（贾静涛）

参 考 文 献

1. 杉下学人。スンプ法ニヨル毛発表面像ニ就テ。皮膚科紀要。1939；33（1）：23—33。
2. 津田，西。Replica 法による毛発毛小皮像の電子顕微鏡所見。解剖学雑誌。1960；35（2）：140—151。
3. 平井，大和。人及び動物毛発表面構造の電子顕微鏡的研究。十全医誌。1957；59：1085。
4. 詹重万，肖开琪，陈年芳。正常人头发的扫描电镜观察。解剖学报。1983；14（3）：334—335。
5. 张鸿飞等。人头发表面结构的扫描电镜观察。昆明医学院学报。1983；4（2）：17—19。
6. 张云汉等。毛人及正常人头发扫描电镜的比较观察。解剖学杂志。1988；11（2）：98—100。
7. Gradwohl，RBH. Legal Medicine. St. Louis：Mosby. 1954：483—496。
8. 石津日出雄等。毛発表面構造の走査電子顕微鏡的研究。日法医誌。1973；27（2）：113—122。
9. 张万洲等。九江地区人头发横断面的研究。人类学学报。1988；7（4）：335—341。
10. Hausman W. Recent studies of hair structure relationships. Scientific Monthly. 1930；30：258—277.
11. Clement JL，et al. New concept，about hair identification revealed by electron microscope studies. J Forens Sci JFSCA. 1981；26（3）：447—458.
12. Ашурбеков ТР. исследование толщины волос человека и животных с помощью проекционной микроскопий. Суд Мея Экспepт. 1981；24（3）：24—26.
13. 朱小曼等。45 种动物毛的扫描电子显微镜观察。法医学杂志。1986；2（3）：20—26。
14. 宋立用。兔毛髓质的扫描电镜观察。刑事技术。1989；2：15—16。

第四章　毛发的种族鉴别与人体部位鉴别

第一节　毛发的种族鉴别

一、毛发的颜色

发色是区别种族的重要特征之一。发色的测定主要是根据 Fisher—Saller 制定的发色表，测定时利用此表为对照。在没有发色表时，可以采用形容词描述发色。

1. 浅淡色　包括无色、麻黄、草黄、暗黄、金黄。
2. 中间色　包括淡棕色、灰色、中等棕色、深棕色。
3. 深暗色　包括暗棕色、近黑色。
4. 黑色　包括锈黑、青黑、焦煤黑、纯黑。
5. 红色　包括黄红色、松红、红色等。

发色受年龄健康状况影响颇大，中年以后，部分头发可变白，观察时记录白发的比例是：很少、有些、约 1/8、1/3、1/2、大部、几乎全白。

黄种人大多是黑色或深暗色，很少见中间色和浅淡色。我国人（汉族、蒙族）头发黑色者占约 30%，深暗色者占约 69%；日本人黑色者占约 82%，深暗色者占约 16%。

黑种人与黄种人相似，大部分是黑色或深暗色。白种人大部分是黄色、草黄、暗黄等浅淡色或中间色。

二、毛发的卷曲度

（一）Martin 分类标准

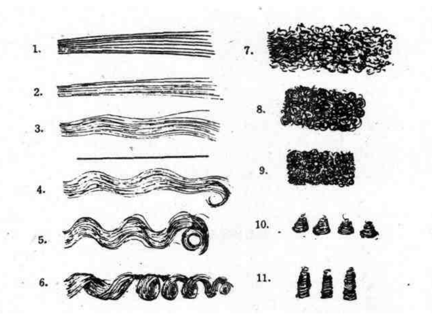
通常按 Martin 分类法，将毛发的外形分为 3 种基本类型和几种亚型。(图 4—4—1)

1. 直发　较直且硬，又分为：(1) 硬直，(2) 平直，(3) 微波。
2. 波形发　呈波状弯曲，较细软，又分为：(1) 宽波，(2) 狭波，(3) 卷波。
3. 卷发，明显卷曲，柔软，又分为：(1) 微卷，(2) 松卷，(3) 紧卷，(4) 松螺旋形，(5) 紧螺旋形。

（二）种族的差异

黄种人多见的是粗直的硬直毛和光滑细直的平直毛；少部分为各种波形毛；偶见卷状毛。白种人多见各种波形毛，少部分为卷毛和直毛。黑种人多见为各种卷毛乃至螺旋

形毛，少见波形毛。



1. 硬直毛，2. 平直毛，3. 微波毛，4. 宽波毛，5. 狭波毛，
6. 卷波毛，7. 微卷毛，8. 松卷毛，9. 紧卷毛 10. 松螺旋形毛，11. 紧螺旋形毛
图 4－4－1　毛发外形分类标准
(Martin)

三、毛发的横断面各径

(一) 测量指标

头发的形状和硬度与其横切面的形状和大小有关。一般，头发愈硬而直，其横断面愈圆，面积也愈大。

头发的横切面可在显微镜下，用测微器测其最大径（长径）与最小径（短径）。

所得结果并可按下式求出头发横断面指数。

$$\text{头发横断面指数}=\frac{\text{横断面最小径}\times 100}{\text{横断面最大径}}$$

(二) 中国人头发横断面各径

张万洲等（1988）就九江市汉族 463 名健康人，4710 根头发横断面进行观察和显微测量，所得头发横断面各径如表 4－4－1，2，3。

1. 头发横断面直径与年龄的关系

由表可见，成年前人和成年人头发横断面直径随年龄递增，成年人达最大径，至老年人头发直径减小。

表 4—4—1　　顶部头发各径　　（单位：微米）

年龄（岁）	男				女				t 值	
	例数（人）	毛数（根）	长径	短径	例数（人）	毛数（根）	长径	短径	长径	短径
1—5	22	70	67.64	63.22	14	43	72.98	65.21	0.83	0.20
6—10	27	84	83.14	75.99	28	95	65.00	75.11	1.22	0.33
11—15	25	78	89.51	79.39	21	67	93.34	78.40	1.53	0.14
16—19	21	65	99.63	83.52	23	74	99.38	84.35	0.08	0.33
20—29	42	138	104.89	89.23	35	126	103.96	85.91	0.58	0.95
30—39	40	142	106.28	87.23	36	125	106.24	80.67	0.04	0.79
40—49	28	103	107.71	87.18	37	126	103.40	86.20	3.66	0.49
50—59	32	115	100.31	80.86	13	44	97.36	82.04	1.11	0.39
60—69	9	29	94.87	79.54	6	21	94.82	79.26	0.01	0.05
70—79	1	4	80.50	70.80	3	9	90.16	75.55	1.02	0.68

表 4—4—2　　枕部头发各径　　（单位：微米）

年龄（岁）	男				女				t 值	
	例数（人）	毛数（根）	长径	短径	例数（人）	毛数（根）	长径	短径	长径	短径
1—5	22	64	67.96	62.50	14	43	72.69	66.06	1.00	0.90
6—10	27	90	80.94	74.12	28	90	84.13	78.17	2.59	2.17
11—15	25	82	88.28	80.43	21	64	93.44	79.61	2.56	0.13
16—19	21	76	96.14	83.70	23	72	101.27	83.00	2.33	0.29
20—29	42	142	103.96	87.59	35	136	104.69	84.03	0.68	0.71
30—39	40	149	105.98	87.25	36	123	104.80	83.06	0.60	2.82
40—49	28	109	106.57	85.75	37	125	102.49	83.27	3.65	1.05
50—59	32	114	99.84	77.93	13	47	97.35	80.55	0.78	0.91
60—69	9	31	98.02	82.73	6	23	96.45	75.00	1.56	1.99
70—79	1	4	85.20	74.85	3	10	91.27	78.22	2.02	0.41

表 4—4—3　　颞部头发各径　　（单位：微米）

年龄（岁）	男				女				t 值	
	例数（人）	毛数（根）	长径	短径	例数（人）	毛数（根）	长径	短径	长径	短径
1—5	22	71	70.30	63.84	14	46	74.73	64.34	1.12	0.11
6—10	27	90	85.44	76.88	28	100	84.63	77.83	0.20	0.34
11—15	25	79	92.71	80.75	21	68	97.21	84.02	3.26	0.80
16—19	21	61	101.30	88.04	23	69	102.14	84.52	0.50	1.71
20—29	42	139	105.15	88.05	35	131	104.47	84.95	0.52	1.54
30—39	40	143	106.12	87.94	36	113	103.17	85.47	1.83	1.41
40—49	28	108	106.84	87.47	37	124	102.39	85.19	3.13	1.74
50—59	32	110	95.87	79.67	13	46	98.73	83.87	1.05	0.65
60—69	9	29	96.66	76.26	6	18	99.41	82.03	1.07	1.16
70—79	1	4	91.80	79.40	3	9	94.71	80.06	0.59	0.08

2. 各年龄组男、女头发直径差异

由表可见，未成年组头发直径，女>男，除枕部头发长径（6—19 岁）和短径（6—

10 岁）性差显著外（P<0.05），其它各部差异均不显著。

成年组头发直径，男>女，除 40—49 岁组顶、枕、颞部头发长径，30—39 岁组枕发短径性差显著外（P<0.05），其它各部头发性差均不显著。

老年组除枕部头发长径（70 岁以上）和短径（60—69 岁）性差显著外（P<0.05），其它各部差异均不显著。

同性别、同年龄组，顶、枕、颞三部位头发比较，顶、枕部头发男 6—10 岁组长径差异显著（P<0.05）；枕、颞部头发男 6—10 岁组长径、男 16—19 岁组长径和短径，女 11—15 岁组长径差异显著（P<0.05）；顶颞部头发 11—15 岁组长径差异显著（P<0.05）；其它各组、各部差异不显著。

3. 各部头发横断面指数比较

由表 4—4—4 可见，1—19 岁组横断面指数男>女，顶部及枕部毛发的性差显著（P<0.05）；50 岁以上组横断面指数女>男，顶部毛发的性差显著（P<0.05）；其它各部位、各年龄组差异均不显著。

表 4—4—4　　中国人各部头发横断面指数比较

组　别	1—19 岁		20—49 岁		50—78 岁	
性　别	男	女	男	女	男	女
顶	89.18±0.47	86.19±0.71	82.31±0.45	81.67±0.52	81.64±0.90	84.54±1.16
枕	90.15±0.84	86.36±0.66	81.63±0.58	80.96±0.51	81.36±0.81	82.20±1.00
颞	88.87±0.69	88.01±0.60	82.04±0.50	82.89±0.52	81.50±0.92	83.29±1.28

（三）头发横断面各径的种族差异

多数调查者就黄种人各民族头发横断面各径与横断面指数的调查结果，显示比较一致的倾向，即长径约在 100—125μm 之间，短径约在 70—95μm 之间，横断面指数约在 70—80 之间（表 4—4—5）。

表 4—4—5　　黄种人头发横断面各径的比较　　（单位：μm）

民　族	性别	人数	毛数	长径	短径	指数	报告人
中国汉族（九江）	男	110	383	106.03±0.96	87.53±0.66	82.31	
	女	108	377	104.97±0.86	85.97±0.69	81.67	张万洲等
汉族	男	10	182	122.7	90.8	74.00	
	女	3	69	125.7	96.2	76.57	久保武
汉族（台湾）	男	50	500	118.1	87.9	75.9	山下静一
蒙族（内蒙）	男	50	500	120.5	92.3	76.78	清水忠经
高山族（台湾）	男	19	108	107.3	83.0	80.28	中野由巳
日本人	男	139	685	99	70	76.70	

续表

民　族	性别	人数	毛数	长径	短径	指数	报告人
日本人	女	376	1 876	104	80	77.30	生驹荣喜
日本阿伊努人	男	7	25	111.8	79.7	71.3	
	女	12	68	115.0	77.7	69.0	堀井、田幡
朝鲜人	男	4	87	132.4	95.4	72.05	久保武
	女	81	405	107	83	77.70	生驹荣喜

据笹木武雄（1934）调查英美白人，不论长径或短径均较黄种人为细小，如长径男女分别为44.8及45.2，短径均为41.7；而横断面指数则甚高，分别达93.08及92.25。

其他人群的头发横断面指数如表4—4—6所示。

表4—4—6　一些人群的头发横断面指数

人　群	指　数	人　群	指　数
印地安人（巴拉圭）	86.4	俄国人（莫斯科）	61.5—71.6
古秘鲁人	84.1	俄国古尸（kurgan）	61.0—73.3
雅克特人（土耳其）	80.2	阿拉伯人	59.8
爱斯基摩人	77.0	黑人	55.4
塔斯梅尼亚人	68.0	黑人（霍屯督族）	40—50

四、头发横断面形状

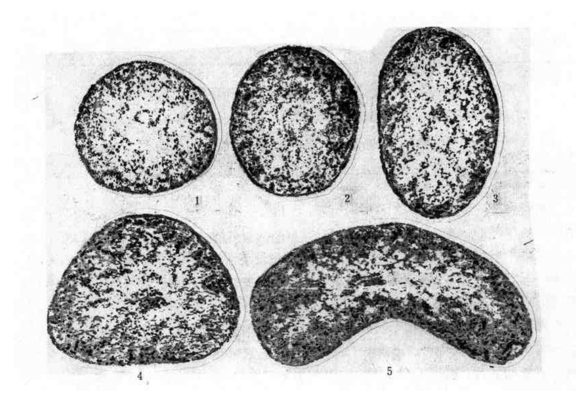
（一）分型标准

头发横断面的形状尚乏统一的分型，林宙田（1960）就102例，1 530根日本人头发的横断面形状研究，结合横断面指数，提出如下的分型标准。（表4—4—7）

表4—4—7　头发横断面形状分型标准

分型	横断面形状	横断面指数%
Ⅰ	圆形	100
Ⅱ	椭圆形	99.9—80.0
Ⅲ	长椭圆形	79.9—60.0
Ⅳ	类三角形	59.9以下
Ⅴ	肾形（蚕豆形）	59.9以下
Ⅵ	其他异形	59.9以下

六种类型的横断面形状如图4—4—2所示。



1. 圆形　2. 椭圆形　3. 长椭圆形　4. 类三角形　5. 肾形

图 4—4—2　头发横断面的形状

（二）头发横断面指数的分布与形状

根据上述分型标准，得出日本人各部位头发横断面指数的分布如表 4—4—8。

表 4—4—8　　日本人各部位头发横断面指数的分布　（%）

部位	类型	15—19岁	20—29岁		30—39岁		40—49岁		50岁
		女	男	女	男	女	男	女	男
额部	均值	76.27	77.29	79.50	78.33	80.73	80.66	75.50	77.54
	Ⅰ	8.5	4.3	10.4	1.6	6.3	4.0	5.0	0
	Ⅱ	42.8	41.0	48.0	54.2	53.8	52.0	30.0	28.0
	Ⅲ	42.8	51.6	36.0	35.8	35.5	40.0	35.0	48.0
	Ⅳ-Ⅵ	5.9	3.1	5.6	8.4	5.6	4.0	30.0	24.0
顶部	均值	74.67	78.01	75.56	81.15	78.53	81.63	72.35	80.66
	Ⅰ	5.0	2.3	5.3	6.3	3.2	6.0	0	4.0
	Ⅱ	35.5	45.6	35.2	48.9	49.2	52.0	40.0	56.0
	Ⅲ	49.5	45.3	50.4	44.8	40.0	42.0	45.0	36.0
	Ⅳ—Ⅵ	20.0	6.8	9.1	0	7.6	0	15.0	4.0

续表

部位	类型	15—19岁	20—29岁		30—39岁		40—49岁		50岁
		女	男	女	男	女	男	女	男
	均值	69.64	75.05	75.08	77.42	76.13	80.32	69.07	75.38
枕	Ⅰ	6.2	0*	5.2	6.3	4.7	14.0	5.0	0
	Ⅱ	15.2	39.5	43.2	35.8	41.5	42.0	15.0	48.0
部	Ⅲ	50.1	36.5	39.5	52.1	41.5	42.0	60.0	40.0
	Ⅳ—Ⅵ	28.5	4.0	12.1	5.8	12.3	2.0	20.0	12.0

*此行数字0，39.5，36.5，4.0不等于100.0，原文如此。

由表可见，日本人的头发横断面指数，不论性别或头发的部位，其均值均在70—80范围内，与表4—4—5的结果是一致的。就横断面指数的分布观察，男子头发以第Ⅱ型为最多，占45%；第Ⅲ型次之，占40%；第Ⅰ型及第Ⅳ型以下所占比重甚小。女子头发第Ⅱ、Ⅲ型各占40%，第Ⅳ型以下次之，第Ⅰ型最少。这一结果表明两性的头发大都是椭圆形乃至长椭圆形的，而圆形与其他特殊形状者甚为少见。

张万洲等将头发横断面形状分为4型：圆形、椭圆形、卵圆形和特殊形，与林宙田的分类基本一致（其中卵圆形相当于长椭圆形）。分析中国人的头发横断面形状，认为与年龄有密切关系。圆形头发在未成年组各部出现率均高，顶、枕、颞各部，男分别为46.12%、53.20%、40.86%，女分别为39.78%、52.78%、45.93%。随年龄递增而逐渐减少，至老年组，顶、枕、颞各部，男分别为29.05%、19.46%、21.67%，女分别为24.32%、26.25%、30.13%。

椭圆形头发在未成年组出现率略低，随年龄递增而逐渐增多，至老年组，顶、枕、颞各部，男分别为57.43%、71.14%、60.83%，女分别为66.21%、60%、62.27%。

卵圆形头发较少，未成年组顶、枕、颞各部，男分别为5.38%、8.01%、8.63%，女分别为6.45%、6.31%、4.59%，随年龄递增，出现率亦增多，至成年组，顶、枕、颞各部出现率达高峰，男分别为14.62%、13.0%、15.38%，女分别为12.20%、12.23%、13.31%，至老年组出现率稍有下降。

特殊型出现率最低。各部头发横断面形状性差均不显著。

上述结果表明，中国人头发横断面形状以圆形及椭圆形者为多见，此点与日本人头发有所不同。

五、色素分布

黄种人头发中色素颗粒的分布较为紧密，且常见较大的色素斑块和条形。黑种人的头发色素分布与黄种人类似。白种人的头发色素分布密度中等或稀疏，且分布均匀。

六、毛小皮的扫描电镜像

Павлов 等（1983）取得叙利亚人、黎巴嫩人、约旦人、也门人、伊拉克人、巴林人等阿拉伯人毛发研究其毛小皮的扫描电镜所见并与原苏联中部俄罗斯、白俄罗斯以及乌克兰人的毛发对比，发现阿拉伯人的毛小皮构型与苏联人的有明显的差异。这种差异表现在毛小皮的一般形态与性状，游离缘的特殊结构，边缘部纹线成角的陡度，鳞片的大小，纹线的数目等各个方面。致于在适应与未适应原苏联中部生活的阿拉伯人之间以及不同性别之间，毛小皮的扫描电镜像则没有明显的差别。Павлов 等认为观察这些差别最适放大倍率为 3 000 倍。

第二节　毛发的部位鉴别

一、毛发的横断面直径、指数与形状

（一）毛发的横断面直径与指数

中国人（蒙族）的测量结果如表 4－4－9 所示，其横断面长径，以阴毛为最大，腋毛为最小；短径，以头发为最大，腋毛为最小。其横断面直径（〔长径＋短径〕/2）以阴毛为最大，头发次之，腋毛最小。横断面直径的这一顺序是人类共通的。头发横断面指数则以头发为最大，阴毛及腋毛指数均比头发为小。

表 4－4－9　　毛发横断面直径与指数　　（均值±S. D.）

部位	长径（μm）	短径（μm）	直径（μm）	横断面指数
头发	120.45±10.42	92.30±8.11	106.15±8.25	76.78±5.13
阴毛	143.05±12.53	83.20±6.87	113.15±8.45	58.24±4.18
腋毛	106.85±11.31	63.90±6.46	85.10±7.84	59.72±4.65

（二）毛发的横断面形状

成书记载毛发的横断面形状因部位面异，头发为圆形或椭圆形，腋毛为椭圆形，阴毛为卵圆形、肾形。这是一个相对的概念，就一个部位毛发而言，各种横断而形状都可能存在，这一点是值得注意的。表 4－4－10 是中国人（蒙古族）头发、阴毛、腋毛横断面不同形状的分布，由表可见，除阴毛未查出圆形断面以外，其他各种断面形状在不同部位中都可能出现，其中椭圆形、卵圆形在各部位毛发中均属多见。除此以外，头发断面常见圆形与梨子形；阴毛断而常见梨子形与肾形；腋毛与阴毛相似，但频率较低。

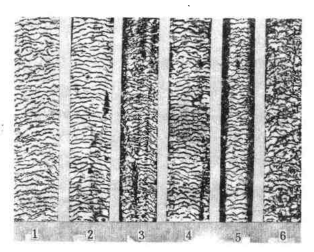
表 4－4－10 毛发横断面的形状

部位	毛数	%±标准误						
		椭圆	卵圆	梨子形	圆形	肾形	三角	四角
头发	500	35.8±2.2	30.8±2.1	10.6±1.4	13.8±1.5	2.2±0.7	6.0±1.1	0.8±0.4
阴毛	500	39.8±2.2	28.2±7.0	16.2±1.7	0	9.0±1.3	6.4±1.1	0.4±0.1
腋毛	500	49.6±2.2	29.4±2.0	8.0±1.2	0.4±0.1	7.0±1.1	3.4±0.8	0.2±0.1

二、毛小皮纹理

对人体各部位毛发毛小皮印纹的普通显微镜观察结果表明，人头发、眉毛、睫毛、鼻毛、胡须、腋毛等的毛小皮纹理都呈大体平行的，不规整的小波纹状（图 4－4－3），其中睫毛与腋毛有处呈较规整的线状、性别差异不明显。

而对各部位毛发毛小皮印纹的电镜观察结果表明，鼻毛、腋毛、下肢毛等的毛小皮纹理也都有一定的特点。（图 4－4－4）



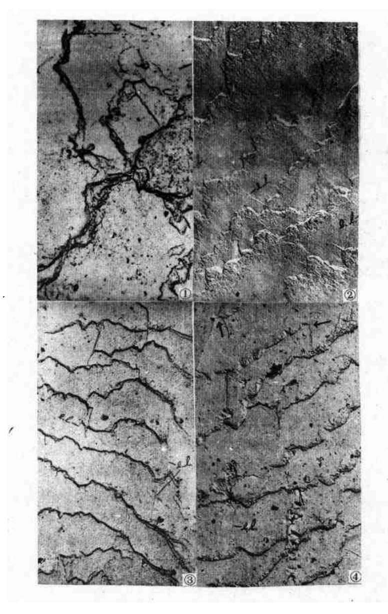
1. 眉毛 2. 睫毛 3. 鼻毛 4. 胡须 5. 腋毛 6. 阴毛
图 4－4－3 各部位人毛毛小皮印纹的光镜所见

鼻毛毛小皮鳞片缘线有大致呈锐角的许多微凹和微凸，全体构成美丽的波纹状。毛小皮表面一部分是光滑的，一部分主要在近鳞片缘的部位可见凹凸不平的粗糙的表面构造，这是一种具有特征性的结构。毛小皮线可以看到，但不如头发毛小皮明显。

腋毛毛小皮的鳞片缘线与鼻毛相比，很少见呈锐角的微凹和微凸，大体呈略为平行的比较规整的线样纹理，与光镜下的所见是一致的。毛小皮线清晰可见。毛小皮表面大体平滑，散在一些长宽均约 0.1—0.2μm 的凹凸部，但没有鼻毛那样粗糙复杂的结构。

下肢毛也呈略为平行的波状纹理，但其起伏很小，微凹微凸也不多，有的微凹微凸也呈锐角。值得注意的是常见双重性鳞片缘线，好像由双层毛小皮构成的鳞片。毛小皮线不大明显。纹理间隔约为 6.2μm。

在各部位毛发中最值得注意的是阴毛，阴毛毛小皮的光镜所见，除呈现大小不一的波状纹外，处处可见上下相互交叉的树枝状纹理（图 4－4－3）。电镜下观察毛小皮印纹，阴毛的毛小皮鳞片缘线间隔不一，扭曲多变，结构复杂。波状纹中可见锐角的微凹微凸，常见纹线分叉，有些鳞片缘线也呈双重结构。阴毛的毛小皮线比头发为少且不明显。



1. 阴毛　2. 鼻毛　3. 下肢毛　4. 腋毛　el：毛小皮线

图 4—4—4　各部位人毛毛小皮印纹的电镜所见

(引自平井，大和)

扫描电镜下直接观察阴毛的毛小皮，有的例子呈斜行的波状弯曲的纹理（图 4—4—5），与头发等其他部位毛发毛小皮的横行纹理截然不同。

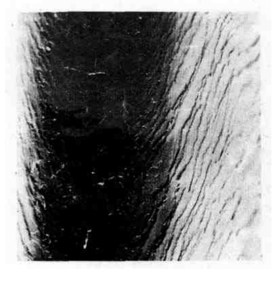


图 4－4－5　阴毛毛小皮纹理的扫描电镜所见
（石津，1973）

三、各部位人毛的鉴别要点

（一）头发

1. 头发是人体各部位毛发中最长的，如不考虑胡须，长度在 10cm 以上的大都是头发。

2. 头发的直径（毛干），在各部位毛发中略属中等（0.08—0.13mm）。

3. 头发多为直发或波形发，电烫者可有卷发。

4. 毛尖　男性多呈剪断状；女性多呈破裂状或有小分枝。男性留长发者可同女性；女性剪短发者也可同男性。

5. 毛小皮　大体平行的不规整小波纹状。

6. 髓质　连续或断片状。比其他部位毛发髓质为窄。

7. 横断面　多为椭圆、长椭圆和圆形。横断面指数在 0.65—0.9 之间。

8. 常有人工处理痕迹：油脂、染色、电烫、损伤等。

9. 质地柔软。

（二）阴毛

1. 阴毛属于体躯长毛，一般长约 4—6cm，最长不过 8cm。

2. 阴毛多为波状毛，有的是卷毛，毛干上常见有凹痕（buckle）。（图 4－4－6）

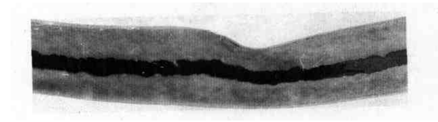


图 4－4－6　阴毛上的凹痕
（引自 J. W. Hicks）

3. 阴毛直径比头发粗，大约在 0.09—0.14mm 之间。

4. 毛尖　常呈钝圆形，逐渐变细。

5. 毛小皮　为极不规整的波状纹，常见树枝状交叉，曲折多变。

6. 髓质　多呈连续状，比头发髓质略宽。
7. 横断面　常见长椭圆形与肾形。横断面指数在 0.5—0.7 左右。
8. 有时有精子、内衣纤维附着。
9. 质地较硬。

（三）腋毛

1. 长度与阴毛类似或略短。由于汗液的浸渍，常呈淡褐色。
2. 卷曲度与阴毛相似，毛干上也可见有凹痕，但比阴毛少见。
3. 腋毛直径比头发细。约为 0.06—0.11mm 之间。
4. 毛尖　细钝而长。
5. 毛小皮　略为平行的较规整的波状纹。
6. 髓质　比头发髓质为窄，常仅为毛干宽度的 1/6—1/7。
7. 横断面　多为椭圆形。横断面指数在 0.5—0.7 左右。

（四）胡须

1. 长短不定，多为直发，少数为波状发。
2. 粗细与头发相似或略粗。
3. 髓质　为连续性，多较宽。
4. 断面　多呈三角形或多角形，少数为椭圆形。
5. 毛尖　剪过的呈切断状；未剪过的尖端变细面钝，或呈分裂状。

（五）胸腹毛

1. 大都短于阴毛，但仍属于体躯长毛。
2. 多见直毛或波状毛。
3. 较细，直径约 0.04—0.08mm。
4. 毛尖　细而钝，或呈分裂状。
5. 断面　略呈圆形。
6. 偶有衣服纤维附着。

（六）眉毛

1. 为面部的短粗毛，长度在 0.5—1.0cm 左右。常呈弧形弯曲，颜色较深。
2. 粗细与头发相似，直径约 0.08—0.12mm。
3. 髓质　多较宽。
4. 横断面　多呈三角形。

5. 毛尖　变细，有时向根部也变细，致毛干呈纺锤形。毛尖钝圆，有时呈分裂状。

（七）睫毛

1. 为面部的短粗毛，长度及外形与眉毛相似。
2. 粗细比眉毛为细。直径约为 0.06—0.10mm。
3. 髓质　多较细。
4. 横断面　多呈三角形。
5. 毛尖　与眉毛相似。

（八）鼻毛

1. 为面部的短粗毛，直发，偶呈弧形弯曲。
2. 粗细与睫毛相似，直径在 0.08—0.10mm 之间。
3. 横断面　常呈三角形。
4. 毛尖　细而尖，有时发圆或呈分枝状。

（九）四肢毛

1. 为体躯的短粗毛，长度在 1—4cm 之间。属直发，略弯曲。有时有 2—3 处扭转。
2. 较细，直径约 0.04—0.08mm。
3. 毛尖　棍棒状钝圆或呈刷毛状分岐。
4. 横断面　多呈圆形。
5. 有时有衣服纤维附着。

（贾静涛）

参考文献

1. 吴汝康、吴新智、张振标。人体测量方法。北京：科学出版社。1984。
2. 张万洲等。九江地区人头发横断面的研究。人类学学报。1988；7（4）：335—341。
3. 清水忠経。蒙古人毛発に関する人種解剖学的研究。満洲医学雜誌。1942；36（5）：769。
4. 林宙田。個人識別上より観たる日本人頭発の形態学的研究。東京医科大学雜誌。1960；18（2）：423—447。
5. 平井，大和。人及び動物毛発表面構造の電子顕微鏡的研究。十全医誌。1957；59：1085—1088。
6. Павлов ЮВ, и др. Исследование kутиkулы волос с головы жителей СССР и

некоторых стран Азии методом сканирующей электронной микроскопии. Суд Мед Экспер. 1983; 26 (2): 36—38.

第五章　毛发的损伤鉴定与个人识别

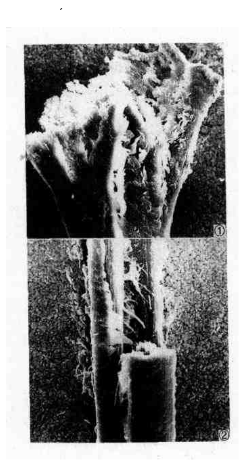
第一节　毛发的损伤鉴定

一、钝器伤与锐器伤

（一）毛发的钝器伤

毛发的主要成分是角蛋白，其对外环境的毁坏作用抵抗很强。在软组织已经腐败或干燥的尸体，毛发却能保存相当长的时间。对疑有受伤部位毛发的显微镜检查，常可发现损伤痕迹及提示有关致伤物的性质。

毛发钝器伤的常见表现是毛球突出于创壁，有时呈钩状弯曲、变形，其根鞘也能受到损害。钝器的棱角部分作用于毛发，可使其完全折断，断端膨大，皮质出现一至多个裂隙。断端表面凹凸不平，有时呈扇形（图 4—5—1①）。被扯断的毛发，断面凹凸不平更为显著，且常呈阶梯现象（图 4—5—1②），纵断面与横断面共存。



①锤击所致的毛发断端（×300）
②被扯断的头发断端（×300）
图 4—5—1　毛发钝器伤的扫描电镜所见
（石津，1973）

毛发直接受钝器打击部如未断离，也常呈纺锤形膨大，在皮质中出现长形或横行裂隙，皮质细胞断离，伴有毛小皮剥脱（图 4—5—2）。

但是应当注意有时毛发本身的疾病表现也很像毛发损伤。Юсуфов（1983）就曾研究了毛发的钝器损伤及其与毛发疾病的区别有以下几种情况：

1. 毛发受钝器棱边作用　在作用力较小时，主要靠砸扁的作用使受伤部毛发膨大；力

图 4—5—2　头发的挫压伤（×156）

（Hicks JW）

量增大可进一步引起毛小皮、皮质及髓质的损伤，甚至可引起受伤部的完全或部分破坏。在不完全断裂的部位，毛小皮及皮质消失，损伤部的边缘被撕裂出许多条纤维。在完全断离的断端散乱出许多条细纤维，并有一些膜质连结在纤维之间。受伤部的毛发正常结构已难以辨认，髓质分散成许多小的片段。在裂发症（trichoptilosis）也能发生断端分裂，并形成二、三个有时是多数的纵行的分枝，有如扫帚状。但在细纤维之间没有膜质连结，且断裂的一端常较另一端为细，毛小皮及皮质常无改变，毛发的结构清晰可辨。

在裂发症，不论在毛发的裂开处，或未断离处，用荧光检查其色调和亮度一致；而在毛发被损伤的部位比未受伤的部位常有较明亮的荧光反应。

在受伤部毛干膨大也很像结节性裂发症（trichonodosis）。在病发的打结部或其他部位荧光均一而不明显；而在损伤所致的膨大部，不仅有典型的形态改变，且比未受伤部的荧光反应明显。

2. 毛发被挤压于硬物体之间　毛发沿长轴被压扁，呈纺锤形。毛发的粗部比细部更多被压扁。在膨大部皮质形成纵行裂隙，这一改变很像纺锤形毛发发育不全。在病发，整个毛干交替出现变细部与增粗部，病变部与非病变部的荧光反应一样不明显。而被机械性压扁的毛发，在其膨大部比未受伤部荧光反应十分明显。

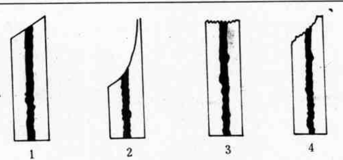
3. 压迫毛干同时沿其一侧的摩擦作用　毛发被压呈纺锤形，其上形成许多深的横行皮质裂隙。膨大部呈明显的荧光反应。

受伤部荧光反应的产生可能与毛小皮及皮质破坏后，细胞内成分外溢有关。

（二）毛发的锐器伤

锐器切断毛发的断端性状既与锐器的作用有关，也与被切断的毛发束的大小有关。如只有少数几根头发被剃刀切断，则断端常为规整的锐缘。若被切断的是成束的毛发，其断端也规整，但常伴有大小不等的突起。当施加的压力较大时，断端常受压变宽（图 4—5—3）。

若锐器的刃较钝，毛发的断端将发生明显的变化。在横切面或斜切面的断端皮质，可见有大的突起，并伴有小棘状突出物。毛小皮由切断处起剥离；皮质中可见许多长形的裂隙。



1. 锐刀　2. 剃刀　3. 理发推子　4. 剪子

图 4—5—3　毛发的锐器损伤示意图

图 4—5—4　锐利的剃刀切断的毛发断端扫描电镜像
（弱扩大×150，强扩大×1 500）（石津）

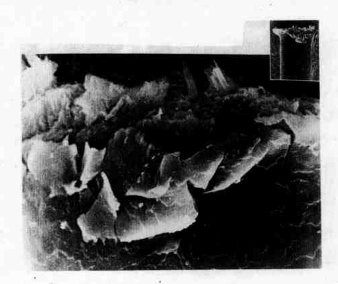


图 4—5—5　剪刀剪断的头发断端扫描电镜像
（弱扩大×180；强扩大×1 500）（石津）

图 4—5—4 是用剃刀切断的毛发断端，光镜下及扫描电镜下，其断端创缘与创面均属锐利。而图 4—5—5 则是用剪刀剪断的头发断端，其弱扩大及强扩大均显示创缘、创面不整。断面的小棘状突起与毛小皮剥离现象都很明显。

若毛发被砍击但未被砍断，则在毛小皮上和皮质中可见有小裂口或小切口。

二、火器伤

由于毛发不易腐败，对于已高度腐败的尸体，毛发可能成为重要的判断射入口的依据。由怀疑近射或接触射击部位的毛发，可能受过子弹弹头、火药气体、火药粉粒和烟灰的作用，有的时候还可能受到火焰的作用。

一般，以无烟火药发射时，即使是近距离射击也难以在毛发上发现肉眼的乃至镜下的火焰作用痕迹。但如以黑色火药射击，则常能见到毛发上有烧伤。

在毛发上沉着的火药烟灰，如果不用热肥皂水或乙醚酒精混合液洗涤，是除不掉的。这一点对长时间处于水中尸体的火器伤鉴定是非常重要的。

用口径 5.6mm 的手枪接触射击或近距离射击时，受损伤的毛发断端可见有显著的阶梯样断裂现象。在其皮质中可形成横斜不定、凸凹不平的断面。有时可在皮质中形成长形的裂隙。一般没有烟灰沉着。

用冲锋枪接触射击或近射时，射入口处的毛发断端呈破裂状，伴有凸凹不平或阶梯样断裂现象。大部分毛小皮发生剥离，并由毛干垂下，犹如附着一条纤维。在某些毛发的毛干皮质可以看到半月形缺损。随着射击距离的增加，毛发所受的损伤减弱，但黑色火药烟灰在毛发断端和毛干上的沉着量可能有明显增加。

用猎枪接触射击或近距离射击，受伤的毛发断端可呈现很大的扫帚样破裂，皮质中可发生很长的裂隙。其断面横斜不定，凸凹不平。毛小皮由毛干的皮质部剥离。毛干皮质有由火药粉粒所致的半月形缺损。毛发断端和毛干都可以看到不太明显的黑色火药烟灰的沉积。

用自制滑膛枪（口径 5.6mm）接触射击时，毛发所受的损伤除机械作用外，尚有高热的作用。毛发的断端呈黑色卷曲状，横径显著变宽。皮质中充满闪光的气泡。离开断端部，气泡逐渐消失，首先消失的是毛小皮内侧的气泡，然后是皮质中部的气泡，但离断端很远的皮质中部，有时尚能见到孤立的气泡。

三、热作用对毛发的损害

毛发对温热作用有一定的抵抗力，通常在 120—140℃以下，毛发大都无明显的镜下改变。若超过这一温度界限，毛发则因高热作用而失去水分，出现明显的肉眼与镜下的结构改变。

毛发受 140℃以上高热，首先发生扭曲，白毛变黄，干脆易碎。180℃经 10—15 分钟，

毛发变红。190℃，皮质中开始出现孤立的气泡。至250℃，毛发卷曲，变红。300—400℃则发生炭化。

如果毛发受火焰的直接作用，则呈烧瓶样膨胀，变黑，干脆易碎。镜下，皮质呈鲜艳的褐色、红色、绿色网状，网眼中充满空气。（图4—5—6）

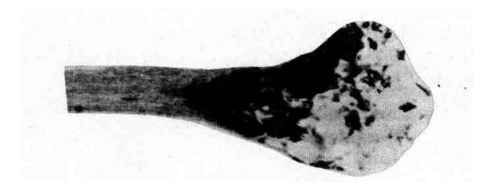


图4—5—6　毛发烧伤（×120）
（W. E. Evans）

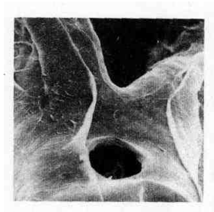


图4—5—7　毛发受热作用的扫描电镜像（×300）（石津）

毛小皮对热的抵抗强，在皮髓质受热破坏的情况下，有时尚可做毛小皮的印纹检查。图4—5—7显示毛发受高热作用后，毛发显著膨胀，毛小皮沿毛发长轴发生大的破裂，露出其内方的皮质面，由于内部气体逸出而在皮质面形成一圆形（或菱形）开口，这是热作用的一个有特征性的所见。

四、暴力拔下毛与自然脱落毛

确定暴力拔下毛或自然脱落毛主要依据毛根的形态变化。毛根的形态变化与毛发的生长周期有密切的关系。

（一）生长期毛发

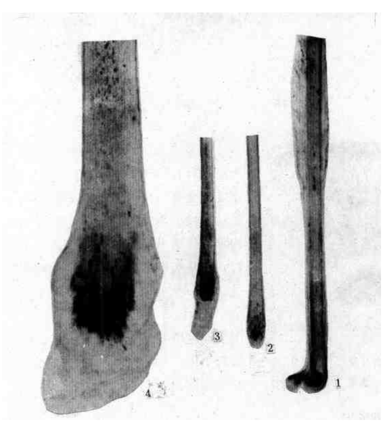
生长期毛发的特点是有完整的外根鞘附着在毛根部。当生长期毛发被快速拔下时，尽管可能有个体间的差异，通常总会有外根鞘随同毛根一道被拔下的。只是根鞘变干后发脆，容易由毛根部脱落而丢失，这是应当注意的。

被暴力拔下的生长期毛发有以下特点：毛根部附着有发亮透明的毛根鞘（图4—5—8，9）；毛干中的色素颗粒分布向下一直达到毛球；毛球变形，呈小钩状，伴有下部撕脱；毛球常连带部分真皮组织一道撕脱，并附有血液；毛球湿润，富于细胞和色素成分；根鞘膜有清晰可见的细胞，有核。

暴力拔下的毛发，有时伴有毛干部皮质纤维的扭曲、折叠与缠绕，表示在拔下过程中曾发生扭力作用。

应当注意，生长期的毛发可因某些其他原因而脱落，发现这种毛发不一定就意味着在搏斗中被暴力拔下。也有的时候，在搏斗中被暴力拔下较多的毛发，在这些毛发中有生长期的，也能同时有其他两个时期的。

有时被拔下的毛发由毛根离断，将毛球留在皮内。这种拔下毛的特点是：近心端呈阶梯状，不规整。该处毛小皮细胞向下包绕，皱缩，犹如波状透明的面纱。毛小皮印纹，靠近断端彼此相距变远，波纹减少，纹理也不如他处清晰。



1. 带毛囊的生长期毛根（×44）　2. 棍毛（×44）
3. 休止期毛根带毛囊拖尾（×44）　4. 同3，毛根中有大量皮质梭（×156）

图 4—5—8　不同生长周期的毛根

（二）退化期毛发

退化期毛发的特点是，干燥的毛根鞘包绕棍形毛根。棍形毛根是休止期毛根的特点，在退化期中则尚包绕着毛根鞘。在毛球上方的毛根中，黑色素的密度较毛干其他部位稀少，这是由于黑素细胞停止产生黑色素的结果。在此期中，髓质的产生也已停止，因此

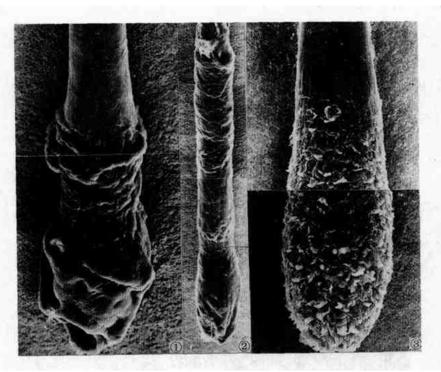
在毛球上方通常看不到髓质。

应当注意，在生长期末与退化期开始之间，或退化期结束与休止期开始之间并没有明确的界线。有时退化期早期的毛根很像生长期毛根，而退化期晚期毛根可能很像休止期毛根。

（三）休止期毛根

处于休止期的毛发毛根特点是没有毛根鞘附着，在毛球上方的毛根中没有色素颗粒，在接近毛根的毛干下部没有髓质，在变硬呈梨形的毛球上方毛根中散在大量的皮质梭（空气间隙）。这是自然脱落毛发的基本所见。（图 4—5—8）

休止期的毛球萎缩，下端闭锁。毛球细胞角化，核及色素消失。图 4—5—9 为休止期毛球的扫描电镜所见，毛球变棍棒状，表面散见大量的角化细胞和残余的根鞘角化鳞片。



①暴力拔下毛，外根鞘剥离至毛球上部（×300）　②暴力拔下毛，外根鞘完整（×180）　③休止期毛根“棍毛”

图 4—5—9　不同生长周期毛根的扫描电镜像

应当注意，没有毛根鞘不一定就是休止期的毛发。有些在生长期拔下的毛发可能只附着部分根鞘或完全没有根鞘。当捏住毛干缓缓拔下毛发时就可全无根鞘附着。但这样的被检毛发，仍然显示由毛干直至毛根底部的连续性色素分布，特别是在毛球的外面常附有组织的小碎片和血液，提示其为生长期毛发。

在由皮下组织丰满的部位(如阴部或面部)拔下的休止期毛根常附着毛囊拖尾(follicular tag)(图 4—5—8)。不熟练的检验人常易将其误为生长期或退化期早期的毛根。仔细检查在拖尾上方的毛根中没有色素，只有大量的皮质梭，表明是休止期毛发。

五、理发与电烫对头发的影响

(一) 理发后的断端变化

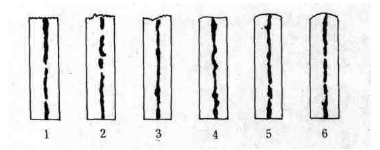
新剪头发的断端大都呈微细的锯齿状，随时间的经过，末端逐渐变钝。经 2 周，断端仍有角形表现；3 周后，断端呈弧形；4 周后，断端弧度增大，8 周后，断端呈平圆形。长久未理发，则尖端变细，毛小皮破坏，露出皮质，皮质纤维散乱，如同毛笔头状分裂。

检查时，可与标准的理发后不同时间的毛发末端性状进行对比。(图 4—5—10)

(二) 烫发剂对毛小皮的损伤

詹重万等 (1983) 曾报道电烫对毛小皮有显著的损伤，轻者出现干燥龟裂，重者鳞片内卷、外翻。(图 4—5—11)

熊平，朱淑媛 (1986) 进一步用扫描电镜观察了各种烫发剂对人头发毛小皮的损伤情况。分别由 94 人头部 5 个部位取到检样，观察上海、天津、广州、衡阳产烫发剂的影



1. 当日　2. 1周　3. 2周　4. 3周　5. 4周　6. 5周

图 4—5—10　理发后的断端变化

1. 毛小皮干燥龟裂　2. 毛小皮龟裂、碎裂、剥落　3. 毛小皮外卷、内翻，剥落

图 4—5—11　电烫对毛小皮的损伤扫描电镜像 (×500)

响。发现各种烫发剂均使毛发的毛小皮有明显损伤，主要是使毛小皮崩裂、缺损。并将其损伤形态分为三种：损伤呈碳酸钙乳石样，为乳石型；毛皮质隆起，中间形成空腔，为起泡型；损伤似从鳞片间界裂开，如龟裂状，为龟裂型。

烫发剂使同一人不同部位的头发形成的损伤没有区别。

电烫与冷烫对毛小皮的损伤程度有区别。电烫对毛小皮的损伤严重，均形成乳石型和起泡型损伤，使毛小皮的纹理完全丧失。冷烫使毛小皮的损伤相对轻些，多见龟裂型和乳石型损伤，后者也比电烫的轻，一般尚可看到毛小皮的轮廓。

不同产地的烫发剂对毛小皮的损伤有轻重之别，以湖南衡阳产的烫发剂对毛小皮的损伤为最轻，其他各地产烫发剂对毛小皮的损伤最严重。

六、毛发的染色

为美容目的，所用的毛发染色剂一般有两大类：掩盖毛发原有颜色的植物性染色剂和化学性脱色剂，有的在脱色同时还能改变毛发的颜色。

毛发经植物性染色剂处理后，可以改变毛小皮和皮质的颜色，而用茶、咖啡等处理的毛发，只能在一定程度上改变毛小皮的颜色，不能改变皮质的颜色。

用强过氧化氢水（perhydrol）、3%过氧化氢水或其他化学性脱色剂，可使毛发中色素颗粒轮廓模糊，难以辨认。用3%H_2O_2处理毛发20分钟，用酸性水洗后，即可使毛发完全脱色。

脱色剂可使毛小皮游离缘由皮质分离，并自该处进入皮质内。其侵入皮质的深度，取决于接触脱色剂的时间和毛小皮受损害的程度。

脱色的毛发与白发的鉴别点是：毛根部尚有色素颗粒，而毛干部则没有；由于脱色剂的作用不均匀，整个毛发中交替存在有色素部分与无色素部分。自然的白发，在皮质周围部分有色素颗粒散在，但在毛根部则没有。白发约有半数是有色素颗粒分布的。

用强化学染色剂染色的毛发特点是：染料可均匀地分布于全毛发，包括毛小皮和皮质。因染料的种类不同，毛发皮质可被染成黑色、褐色、黄色及其他颜色。通常，白发被染色后，皮质中被染色的部分特别清楚，可以明确区分被染色与未被染色的界限，向周围部颜色变深，向根部则变淡。

用弱化学染色剂染色的毛发特点是：通常只能使毛小皮染色，但若增加染色时间，也可能使整个皮质或部分皮质染色。人头发每周约生长2.5—3.5mm，测量由根部至染色线的距离，可以估计染色后经过的时间。

重复染色或脱色时，可见有不同时间间隔的数条染色或脱色界线。

七、腐败对毛发的影响

长期埋在土中的尸体，受空气、温度、湿度、土质水分以及组织腐败产物等的影响，

可使毛发的颜色发生改变。深色的毛发可变成淡色，淡色的毛发也可变成深色。有的毛发变成红褐色或红栗色，有的白发变成淡褐色。

毛发的组织结构对腐败作用的抵抗很强，在土中埋葬经过十年以上的尸体，其毛发在显微镜下检查，仍可发现毛小皮、皮质、髓质以及色素颗粒等结构与成分。个别的毛发中出现一些腔隙和气泡。

一例在土中经过 45 年以上的尸体，其毛色暗淡，失去弹性；皮质中可见一些纵走或横行的腔隙；皮质表面有大小不等的一些凹坑；毛小皮大部分脱失。有的毛发各层已高度分解，但仍可看到色素颗粒。

最近，Petraco（1988）报告一种所谓死后毛根带（postmortem root banding）现象，即在尸体的生长期毛发根部有一条暗色的类椭圆形带，大致是由一些平行的纵走的空气间隙集聚而成的。其位置在毛球上方 0.5mm 直至皮肤表面的下方约 2mm 处。其中所含的气体使毛发在透射光显微镜下呈黑色，而在落射光下则是明亮的。将该部用刀片切开，常规封片，则该部变透明。在扫描电镜下可见该部是由平行的纵行空隙构成的。这种带现象见于生长期毛根至少需死后经过 8 小时，时间长则更明显。在完全角化的休止期毛发则不会发生这种现象。因此如果在现场发现有这种现象的毛发可能有助于说明尸体曾在该地停留相当长的时间。这种毛发在外界暴露时间过长，或在腐败组织中继续存在较长时间，毛球一端容易失落，致断离毛根变成毛刷样。

有人认为人死后毛发能继续生长，这是不确实的，因为毛发的生长是在完成有丝分裂的基础上进行的，而这在死后是不可能的。

第二节 毛发的个人识别

毛发的个人识别是比较难的鉴定项目之一。最常需要解决的问题是被检毛发（头发、阴毛）是否来自该嫌疑人。为此从法医人类学上常须就显微镜检查资料进行比较分析，从法医血清学上就血型、酶型等进行检验，根据所得结果进行综合分析判断。近年开发的 DNA 指纹图与 DNA 体外扩增技术可以对毛发作出准确的个人识别。

一、显微镜的比较分析

（一）鉴定的步骤与方法

对被检毛发的显微镜比较分析通常有三个步骤：

1. 拟定分析项目：首先应就被检毛发分成若干个分析项目，如颜色、长度、直径、外形、断面性状等，逐一进行观察。

2. 对比观察　取得嫌疑人毛发，就上述各分析项目，与已知的嫌疑人毛发进行比对。

3. 结果评价　根据各项分析对比，做出两种检材来源是否相同的结论。一般来说，

由不同的人随机取到的毛发是易于互相鉴别的，但是由于毛发的特征属于多基因遗传，个体间的变异是非常大的。不同人的毛发可能不同，也可能相同；同一人的毛发可能相同，但也可能不同。被比较的毛发类型（如头部的不同部位毛发）愈多，愈易于比较。仅以一、二种来源的毛发比较，除少数例外，一般是不易得到确切结论的。

比较的方法因检查项目（如两根毛发的外形、横切面、毛小皮印纹等）而异，常用仪器有双目显微镜、实体显微镜和比较显微镜，有条件时用扫描电镜。对比时应取两根毛发的同一部位，如根部对根部，毛干部对毛干部进行比较，并由外向内对毛发逐层进行比较。

（二）分析项目

1. 种族　与种族有关的特点前面已经提到。即使种族的特征不明显，若被描述的性状在被检毛发与已知毛发间一致也是很重要的。

2. 身体部位　常见的检材是头发和阴毛。可根据前述身体部位鉴别项目进行比较，确定是否来自同一部位。

3. 颜色　人毛发的颜色有很大的个人差异，通过显微镜比较其特定的颜色、浓淡及密度，可以发现其间的细微的差别。

4. 长度　比较时应注意脱落的被检毛发与采集的对照毛发之间的时间间隔。应当知道，即使是同一人的毛发，最短与最长之间也常有很宽的变异范围。

5. 毛尖　毛尖的性状有切断状、折断状、分裂状、磨圆状、细尖状等可作比较。这些特征受个人修饰与卫生习惯的影响。

6. 毛根　根据毛根性状确定是拔下毛还是自然脱落毛。

7. 直径　注意毛干各部的直径是有差异的。已知样本毛发间的直径也有一定的变异。对毛干直径变异的程度及变异的发生率应有所考虑。

8. 毛小皮（封片标本观察）

(1) 毛小皮的厚度：可能很厚而且突出，或很薄而不易看出。小皮的厚度在样本内可有差异，在单一的毛发上就可能有不同。

(2) 毛小皮颜色：透明清澈或混浊不清。

(3) 毛小皮纹线：观察被检毛发全长的毛小皮鳞片边缘，是紧贴毛干排成一列，或突出于毛干之外；其与皮质间有清楚的界限或混浊不清，甚至全不清楚；若突出于毛干之外，是否弯曲形成绳索样所见（looped appearance）。

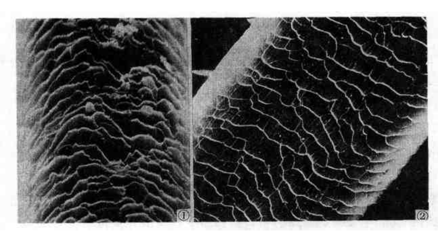
9. 毛小皮印纹（scale cast）

(1) 在显微镜下分段比较两根毛发的毛小皮印纹像是否同一。一般用叙述方法认定同一是不妥当的，因为这种情况不仅见于同一人的不同部位毛发之间，也见于不同人的毛发之间。如用比较显微镜观察两根毛发的毛小皮印纹图像，才能发现细节上的差异，有

助于确定其非同一性。

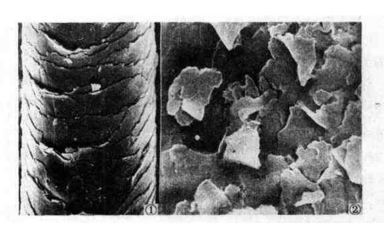
（2）毛小皮印纹计数法：在毛小皮印纹片上计数或在位相差显微镜下直接就毛发计数。在毛发上均等地每处按0.3mm宽度共计50处，计算每处的毛小皮印纹数，取其平均值做为一根毛发的平均印纹数，再求出全部检样的总均值。估价毛小皮印纹计数结果时应当注意，人体不同部位毛发的小皮印纹数动摇范围很大。不同人之间的头发小皮印纹数虽有差别，但也有时无差别，或差别不大，据此确定毛发的个人性应非常慎重。

10．毛小皮的扫描电镜观察　注意观察毛小皮纹理的构型是大体平行的微波状，还是平行线状（图4—5—12）。平行线样纹理很少见，其出现率大约10%，在个人识别上



①微波状，粘连较多（×500）　②平行线状（×500）

图4—5—12　不同人头发毛小皮纹理的扫描电镜像



1．女性头发近毛尖部因梳头所致的毛小皮破损情况（×1 500）

2．女性头发因水烫发所致的毛小皮显著破坏（×3 000）

图4—5—13　被损坏的毛小皮扫描电镜像

（石津）

是值得注意的。如是微波状纹尚应注意小皮鳞片的粘连、分叉情况。毛小皮的破损情况

（图 4—5—13）。

11. 色素　毛发黑色素颗粒在灰白发可能没有，在黑发可能多到掩盖毛发的内部结构。色素颗粒的分布可能极细小以致难以认出，也可能很粗大。要观察毛发横断面色素分布的区域性，观察毛干由近端至远端的色素分布密度。色素颗粒可能排列成规整的线条状或块状，注意颗粒的大小、分布与密度。（图 4—4—2）

12. 髓质　注意髓质是贯穿毛干中央的连续结构，或呈片断状不连续，或无髓质存在。髓质呈黑色或透明；有空泡，或完全为无定形结构。对片断状髓质，可能看出髓质细胞呈梭形或纺锤形。应测定髓质指数。

13. 皮质　构成皮质的长形细胞界限是否清楚；皮质细胞在漂白发表现特别清楚，可呈麦秸样所见（strawlike appearance）。

14. 人工处置　脱色发因色素脱失可使毛发呈特征性的黄色管型状，皮质细胞边缘明显，皮质梭明显可见。反复漂白的脱色发毛干变脆，毛小皮鳞片不整。

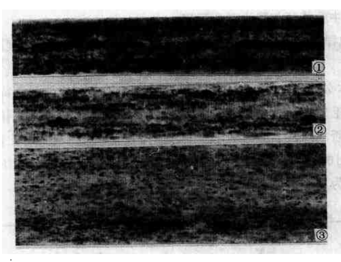
15. 损伤　如有损伤，应确定损伤的性质与可能的致伤物种类。

16. 特殊性状

（1）卵圆体　为黑色、实性、卵圆形结构。其大小不一，但外观样式一致。若卵圆体在一给定的样本中恒定存在，则应作为重要的比较指标（图 4—5—14）。

（2）皮质梭　如果存在，应比较其大小，形状与分布状况。

（3）双髓（double medulla）：常见于胡须，此特征如在样本中有规律地出现，可供比较之用。



1. 人工漂白所致的皮质色素分布不均（×156）　2. 皮质中可见大型的卵圆体（人头发×156）

3. 皮质梭（×313）

图 4—5—14　毛发皮质的色素分布、卵圆体与皮质梭

（三）检查用表格

为了便于毛发的日常检验工作，Robertson (1986) 等制订了一个毛发的检验项目表，并发给许多毛发检验人争求意见。他们认为这个表格有助于检验人认真思考自己的毛发检验程序，一个设计良好的毛发检验表格可以构成毛发检验报告书的一部分，并且是比较各个特征以及比较这些特征在全部受检毛发中的分布构型的唯一有效方法。这个表格如能与毛发图谱合用，将有利于提高毛发检验的客观性，并可借以收集各种给定的特征在人群中的出现频率，使检验人了解这些特征在人群中出现有多大的可能性，从而能对毛发检验的证据价值做出更为审慎的估价。

为了正确运用毛发检验项目表，应当注意以下几点：

1. 受检和对照毛发样本应在立体显微镜下检查。在比较检查时，照明条件应当标准化。应有 6 根以上的毛发用于量度毛发的长度范围和确定毛发的颜色，然后记录其他显微镜检查所见。

2. 选择适当的封片胶 (mountant) 对特征的观察很重要。大多数的显微镜检查特征存在于皮质中，封片胶的折射率应能提供足够的参比条件。

3. 在检验项目表中还可以包括横断面的性状。将毛发折叠后，作一次切片可得到由毛根起的一套不同距离的横断面切片。横断面可能有助于澄清毛发纵断面上所见的某些特征，但横断面形状的价值尚不清楚，是否必须做横断面观察尚有争议。

4. 本表中所用的是非连续的分类，对于单一毛发中所存在的特征或变异不能总是描记得当。要注意将表中的特征与附注联合运用。

5. 在检查完已知样本后，要分别一一检查送检样本，其检验精确程度应同已知样本一样。

6. 一份受检样本必须与一根以上的已知样本比较，注意相应的各个特征有何异同。

应当注意，两根毛发记人表中的各项特征相同，不一定就是不能鉴别的。被检毛发与已知毛发的来源是否相同，下最后结论还要靠用比较显微镜进行并行比较。

Robertson 等提出的毛发检验表是根据检验白种人毛发的需要而提出的。下面结合黄种人的检验需要略为加以修订。如表 4—5—1

表 4—5—1　　毛发检验用特征表

大体特征	
长度	cm
毛干外形	直毛
	波形毛
	卷毛
	螺旋毛
毛色①	黑色

续表

	大体特征	
	毛色[1]	深暗色
		中间色
		浅淡色
	毛根	无毛根
		棍根
		无鞘根
		有鞘根
	毛尖	自然逐渐尖细
		切面
		圆钝
		磨损
		分裂
		压挫或折断
		被焚
	显微镜下的特征	
色素	密度	无
		轻度
		中度
		重度
		黑暗
	分布（通过毛干）	均匀一致
		趋向髓质
		趋向小皮
		居于一侧
	成块形状	条状
		卵圆块状
		圆形块状
	颗粒形状	圆形
		卵圆形
	块的大小	细小
		中等大
		粗大
	颗粒大小	细小
		中等大
		粗大
髓质	分布	无
		髓质>空腺
		髓质<空腺
		连续性
	类型	黑暗色
		透明
皮质梭[2]	有	
皮质构筑		看不出

续表

	显微镜下的特征	
皮质构筑		可见或粗糙
毛小皮	厚度（μm）	
	颜色	
	外缘	光滑
		锯齿状
		破碎不整
		裂开状
		绳索状
鳞片	游离缘形状	光滑
		钝锯齿状/微波状
		锯齿状

附注：

①毛色的判断需用标准照明在立体显微镜下进行。基本的颜色用淡（L）、中等（M）和浓（D）来记述。遇有人工染发，应测由根部至有色部的距离。

②皮质梭最常见于毛根部，记述其形状、大小及沿长轴与横轴的分布情况。如见于毛干部用作比较特征有一定价值。

③除表中各项外，尚应记述有无疾病或寄生虫（卵）附着。

（四）结果评价

用显微镜方法对毛发进行检查比较可以得出 3 种基本结论：

1. 被检毛发与给定已知样本的显微镜所见性状相一致，因此可能来自已知样本。做出这一结论应当注意，毛发属于生物性检材，有一定的变异性；在分析各项指标时，应明确已知样本的变异范围，然后看被检毛发是否处于这一范围内。即使处于样本变异范围内，也不能轻易肯定，因为不同的人毛发性状相同并不是罕见的现象。

2. 被检毛发与给定的已知样本显微镜所见不一致，因此并非来自已知样本。

3. 被检毛发与给定的已知样本显微镜所见有些相似，有些不一致，做不出被检毛发是否来自已知样本的结论。因为所发现的差别不足以排除被检毛发来自已知样本；而这些差别的存在却又妨碍做出被检毛发来自已知样本的结论。

二、其他毛发个人识别技术

（一）中子活化分析

中子活化分析法（neutron activation analysis，NAA）是一种对微量元素进行的仪器分析，能检出毛发中的 29 种元素。曾有人认为若两份毛发样本有 8—10 种元素的相对浓

度一致，则两份样本来自同一人的可能性为100%。但其后的研究发现，来自同一人的毛发样本受饮食、卫生、健康与环境因素的影响，元素的含量有周期性变化。最近认为，NAA的结果用于个人识别尚不可靠，尚须进一步研究。

（二）毛发血型

为鉴识毛发的个人性，必须进行法医血清学的检验。由毛根及毛干都能较容易地检出ABO血型，由毛根、毛球还能检出MN型、PGM1型、PGM3型和PGD型。两份毛发样本的血型一致，可作为判定同一性的重要参考指标；若两份毛发样本的血型不一致，可以排除样本来源的同一性。

（三）毛发的性别判定

为鉴识毛发的个人性，必须进行毛发的性别检验。如有毛根存在，可易于进行X染色质和Y染色质的检查来判定性别，只用毛干判定性别也是可能的。两份毛发样本的性别相同或不同，其意义与血型相似。

（四）扫描电镜检查

扫描电镜是用电子束扩大毛发标本的影像进行检验，能在放大几千倍乃至几万倍的情况下检查毛发表面或切面的细节，如检查毛小皮纹理和毛发髓质，可借以区别人毛和动物毛，有时对人毛的发生部位还能做出推定。观察毛小皮纹理特点及损伤、疾病情况用于个人识别也有一定的可能性。

（五）化学修饰毛发的扫描电镜观察

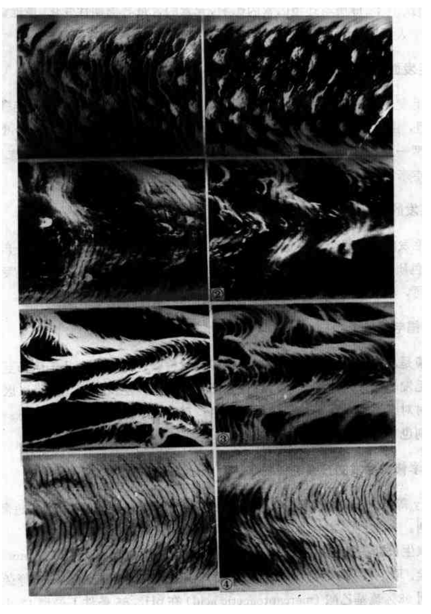
Choudhry 等（1983）提出用化学修饰法处理毛发后，扫描电镜观察到的超微结构，可用于个人识别。

其法是取生长期头发包括毛根的完整样本，以毛根为参比点，切取10mm长的一段毛发用于检验。取毛发用100%丙酮洗3次，每次5分钟，以除去所附油脂等杂质。然后用化学修饰剂98%巯基乙酸（mercaptoacetic acid）在pH3.85条件下处理12小时。用水冲洗后，再用100%丙酮除去表面残留试剂，使自然干燥12小时，用于制备扫描电镜样本。

结果观察到所有受修饰剂作用的毛发，其表面形态却与正常的毛小皮纹理不同。但这种变化了的表面形态在同一人的头发是相同的，在不同人则是不同的（图4—5—15）。形态改变的主要表现是表面出现凹腔或起泡，出现平行的线样扭曲或分枝条带，这些表现在同一人的不同样本略有变异，但基本构型是一致的。

由图可见这一方法是比一般的显微镜比较分析法优越的，但迄今对这一方法的研究

例数尚少，既未闻有实际应用的报导，形态变化的机理也不清楚。



1、2、3、4 为不同人的头发，左右侧为同一人的两根头发

图 4—5—15 化学修饰后的毛发表面扫描电镜像

（贾静涛）

参考文献

1. Барсегянц ЛО, Верещака МФ. Морфологические осоъенности волос человека. Москва:

Медицина. 1982：17—28

2. 石津日出雄。走査電顕の法医学的応用。医学のあゆみ。1973；87（9）：415，（10）：417，（11）：419

3. Генвъом РГ，Корнеева НП. Судебномедицинское исследование вещественных доказателъств. Москва. 1965：172—210

4. Petraco N，et al. The morphology and evidential significance of hair roots. J Forens Sci. 1988；33（1）：68—76

5. King LA，et al. The morphology and occurence of human hair sheath cells. J Forens Sci Soc. 1982；22：267—269

6. Hicks JW. Microscopy of hairs. FBI Publ. 1977：10—27

7. Robertson J，et al. The value of microscopic features in the examination of human head hairs. J Forans Sci Soc 1986；31（2）：563—573

8. Robertson J. An appraisal of the use of microscopic data in the examination of human head hair. J Forens Sci Soe 1982；22：390—395

9. Choudhry MY，et al. Individual characteristics of chemically modified human hairs revealed by scanning electron microscopy. J Forens Sci 1983；28（2）：293—306

10. 熊平，朱淑媛。用扫描电镜观察烫发剂对人头发毛小皮的损伤。刑事技术。1986；6：11—12

11. Юсуфов ГМ. Изменение морфологических показателей волос при некоторых болезнях и различных видах тупои травмы. Суд мед экспер. 1983；26（2）：38—40.

第五篇　微观水平的性别鉴定

PART 5 SEX IDENTIFICATION WITHIN MICROCOSMIC LEVEL

第一章　与性别鉴定有关的基础知识

第一节　染色质、染色体与细胞分裂

一、染色质与染色体

(一)　染色质

染色质 (Chromatin) 一词是在 1882 年由 Flemming 提出的，是指在间期细胞核内易于被碱性染料染成深色的颗粒状或网状不规则结构的物质。实际上是细胞核内由 DNA 组蛋白等组成的复合结构，是遗传物质在细胞间期的存在形式。

间期核内的染色质可以分为两部分，即常染色质 (euchromatin) 和异染色质 (heterochromatin)。常染色质是指间期核内染色很淡的疏松结构；异染色质是指间期核内染色很深的块状结构，也叫染色中心。异染色质又可分为两类：

1. 结构异染色质：是在所有细胞的间期核中都保持浓缩状态的染色质。

2. 兼性异染色质：是指 X 性染色质，经常处于异染色质状态，但有时又转变为常染

色质状态。

（二）染色体

染色体（Chromosome）一词是在1888年由Waddeyer提出的，是指在分裂期的细胞核内易于被碱性染料染成深色的棒状结构。实际上，这是在有丝分裂时具有特定形态的DNA－组蛋白结构，是细胞分裂期遗传物质的存在形式。即染色体与染色质是构型不同的同一物质，是同一物质在细胞周期的不同功能阶段上的不同形态表现。染色质出现在间期，呈稀疏和分散状态，使单一和重复顺序的DNA能进行复制与转录。有的部分比较稀疏，因而光镜下看不到，有的部分螺旋盘旋得比较紧密，因而在适当染色后呈颗粒状。染色体出现在分裂期，是由染色质浓集而成的，由紧密的、并呈高度螺旋卷曲的丝状结构盘旋成柱状或杆状等不同形状，并有基本恒定的数目（因生物的种属不同而异）。一个体细胞中的全套染色体按一定方式排列起来，就叫做染色体组型或核型（karyotype），一个人体细胞有46条染色体，共计23对，其中1—22对在男、女两性都一样，称为常染色体（autosome）；第23对男、女不同，男性的一对为一条“X”形和一条“Y”形，女性的一对为两条“X”形，称为性染色体（sex chromosome）。男性的正常核型为“46，XY”。女性的正常核型为“46，XX”。

二、细胞分裂

人的生殖过程是由两个相互分离并交替存在的细胞分裂来控制的，这就是减数分裂与有丝分裂。减数分裂（meiosis）是与精子或卵细胞（配子gametes）增殖有关的细胞分裂，在男性称为精子发生（spermatogenesis），在女性称为卵子发生（oogenesis）。有丝分裂（mitosis）则是与身体增长及代替废旧细胞有关的细胞分裂。

（一）减数分裂的过程

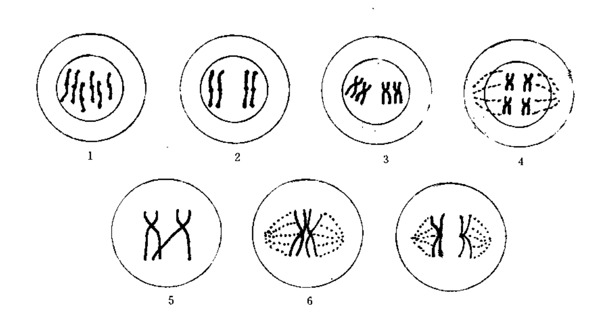
与正常的体细胞能自我再生不同，性细胞的主要功用在于重新繁殖整个的机体。精子与卵子的产生称为配子发生(gametogenesis)，经过这一过程所产生的细胞仅具有正常体细胞所具有的半数染色体。减数分裂是配子发生中的一个主要过程，其结果染色体的数目由原来的二倍体(diploid，2n)变为单倍体(haploid，n)。减数分裂可以分为4个主要时期：前期、中期、后期和末期。其未处在活跃的分裂相者称为间期。（图5－1－1）

1．前期（prophase）在此期内，同源染色体（homologous chromosomes）在核内成对排列。前期尚可分为5个亚期：

（1）细线期（leptonema）特点是染色体的外形犹如一条细线或细丝。在此期之前，DNA已经复制完毕，但在显微镜下仍如1条线状。

（2）偶线期（zygonema）　特点是同源染色体配对，配对的过程称为联会

(synapsis)。即母亲来源的与父亲来源的同一对染色体配合成对。



1. 细线期　2. 偶线期　3. 粗线期　4. 终变期　5. 交叉（双线期）　6. 中期　7. 后期

图 5－1－1 减数分裂前期

（3）粗线期（Pachynema）　染色体增粗，已配对的染色体（双价染色体）紧密联合在一起。每个染色体都含有 2 条染色单体（chromatids），两条平行的单体由一个小的异染色质块（着丝粒 centromere）接合在一起。这样，每对 2 价的染色体都含有 4 条单体。

（4）双线期（diplonema）　已配对的染色体（双价体）重新分离为两个成分。但因着丝点仍保持完整，故虽双价体分离为两个染色体，而每个染色体的两条单体却仍结合在一起。双价体的分离通常是不完全的，常在一点或几点上仍有连接（交叉，chiasmata），提示同源染色体间发生遗传物质的相互交换（crossing over）。

（5）终变期（diakinesis）　又称浓缩期。即在前期的最后，染色体进一步浓缩，并由于其向核的周边移动，染色体间的距离变得更宽。至本期之末，核膜消失，纺锤体开始形成，双价体处于最大的收缩状态。

2. 中期（metaphase）　在核膜解体与双价体达到纺锤中心这段期间通常称为前中期（prometaphase）。完满的中期指的是双价体已移动到赤道极，且二者的排列使两个同源着丝点在两侧的距离相等。着丝点已贴附到指向对立两极的纺锤纤维上。

3. 后期（anaphase）　一当染色体处于与赤道极一致的线上，则两个着丝点即向各自的一极移动，同时拖带着与其连接的两条染色单体，这个阶段称为后期。其结果形成半个双价体或称为二分体（dyads）。如果二者间曾有交换，则两个二分体的每个染色体都将具有一条来自父亲或母亲的单体，一条具有双亲遗传特点的单体。在此期之末，其子

代核的染色体数已变为单倍体（23 个染色体）。

4. 末期（telophase）　当染色单体都已达至各自的一极时，核膜即可重建，并形成间期细胞核。但在第一次减数分裂期，并没有真正的核膜重建，常在短时间之后，细胞又进入第二次减数分裂。

应当注意的是在第一次减数分裂的前期，每个染色体含有 2 条单体，即仍然含有 2 倍体量的 DNA；而细胞进入第二次减数分裂前期，则没有 DNA 的合成。

（二）第二次减数分裂

第二次减数分裂基本上与一般的有丝分裂相同，但参与分裂的只是一对染色体中的一个。

1. 前期　核膜消失，形成纺锤体。染色体向赤道极移动。

2. 中期　着丝点达到赤道极。染色体收缩，组成染色体的单体广泛分开。

3. 后期　着丝点分为两半，并向纺锤的两极移动。结果形成 4 个核，每个都有单倍体的染色体数目和单倍体的 DNA 量。

经过第二次减数分裂，借助于一个染色体物质的倍增形成了 4 个子细胞。在男性，这 4 个单倍体细胞即精子；在女性，这 4 个子细胞中只有一个成为活的卵细胞，其余 3 个不能发育，并被废弃为所谓的极体（polar bodies）。

（三）有丝分裂的过程

有丝分裂是一个细胞分裂为二个细胞，进行增殖的过程，是一切生物生长和生殖的基础。在细胞执行功能的时候，不进行分裂，叫作（分裂）间期（interphase）。细胞在间期也进行遗传物质的自我复制，每个染色体中的 DNA 分子经过复制成为等同的两个分子。然后，两个分子通过细胞分裂进入 2 个子细胞中。有丝分裂的过程如图 5－1－2 所示。

1. 前期　一个准备分裂的细胞，其染色体开始卷曲、浓缩，变色变深。一当核的外形发生变化，染色体也开始可以分辨，即进入前期。每个染色体由两条单体构成，由一个着丝点连结。在此期中除染色体收缩外，核膜的坚固性丧失，细胞具有极性，纺锤体开始形成。

2. 中期　染色体移向核的中央，并依其着丝点在赤道极上取得一个位置，在该处为纺锤的赤道所包绕。这时的染色体变粗且更为浓染，因此是对各个染色体最易于观察的时期。由于染色单体已达到最收缩的状态，因此染色体在赤道极上的排列呈现二维空间的所见。

3. 后期　在此期伊始，着丝粒沿长轴分开。两半着丝粒以相反方向向两极移动，并各牵引一条染色单体。单体向两极移动仿佛受纺锤的牵引，但其确实机理尚不清楚。此期之末有两套相同的染色体分别到达两极，准备重建两个子细胞核。

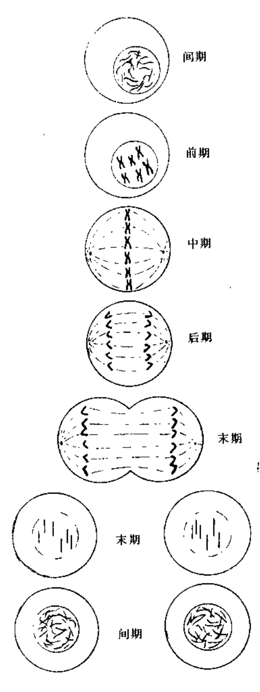


图 5—1—2　有丝分裂的过程，图中仅显示 3 对染色体
（采自 Bryant NJ）

4. 末期　染色体到达两极标志着此期的开始。细胞浆开始在赤道极附近形成沟，并最终横断细胞形成完整的细胞膜而变为两个细胞，每个细胞都具有相同数目的染色体。染色体展开，淡染，并被新生的核膜所包绕。

（四）有丝分裂的（细胞）周期

在细胞分裂前，DNA 的量是必须增加一倍的。已知在有丝分裂期间是不进行 DNA 复制的，因而推想是在细胞间期进行复制的。Howard 与 Pelc (1953) 通过实验证实了这一点，并将有丝分裂的周期分为以下 3 期：

1. G_1 与 Gap_1 期　此期在细胞分裂以后，新的细胞进入分裂后期，没有 DNA 合成。

2. S 期　即 DNA 合成期，在 G_1 期之后。

3. G_2 或 Gap_2 期　为有丝分裂前无 DNA 合成期，此期较短。在此期细胞已含有倍量 DNA，此期终于有丝分裂开始。有丝分裂的期间与整个周期比相当短促。就人体细胞观察整个周期大约 12—24 小时，而有丝分裂期间仅约 1 小时。有丝分裂的周期如图 5—1—3 所示：

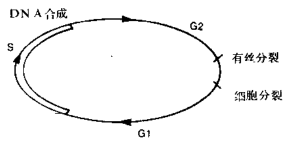


图 5—1—3　有丝分裂的细胞周期
（采自 Bryant NJ）

（贾静涛　李春彪）

第二节　性分化的概念

一、性分化

人类社会是由男女两性构成的。由受精后到胚胎开始形成的初期，尚处于性别的未分化状态，即尚未区分为对立的性别；其后，随胚胎的发育，逐渐形成男性或女性的过程，称为性分化（sexual differentiation）。性分化是按图5－1－4的过程逐次完成的。

1. 染色体的性别（chromosomal sex）　又称遗传的性别（genetic sex）。这是在卵受精后立即确定的。以后通过有丝分裂形成的体细胞都具有22对常染色体和一对性染色体。女性细胞中含有两个相同的X染色体；男性细胞中则含有一个X染色体和一个小的

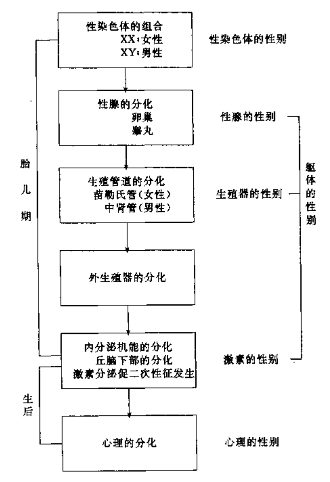


图5－1－4　性分化的过程
（引自中込弥男）

Y染色体。在女性由于生殖细胞的减数分裂，只形成含有单倍型X染色体的卵细胞；在

男性，则形成一半精子含有 X 染色体，一半精子含有 Y 染色体。性别是由哪一个精子（有 X 染色体或 Y 染色体）与卵子相结合来决定的。含有 X 染色体的精子与卵子结合则形成具有两套常染色体和女性染色体复合体（chromosomal complex）（XX）的合子；含有 Y 染色体的精子与卵子结合则形成有两套常染色体和男性染色体复合体（XY）的合子。

2. 性腺的性别（gonadal sex）　胚胎初期的性腺处于未分化的状态，既有向卵巢分化也有向睾丸分化的潜在能力，其发展分化是由性染色体决定的。XX 复合体决定未分化的性腺向卵巢发育，XY 复合体决定其向睾丸分化。

3. 生殖器的性别（genital sex）　性腺的分化完成后，由睾丸分泌的雄激素（androgen）作用于中肾管（Wolff's duct），促其进一步分化发育，形成附睾、输精管和精囊腺。同时，睾丸还分泌抑制苗勒氏管发育的性激素，使苗勒氏管不再分化发育。在女性性腺分化为卵巢后，由于不分泌雄激素和抑制苗勒氏管发育的性激素，苗勒氏管得以进一步分化发育形成输卵管、子宫和部分阴道。

4. 外生殖器的分化　在生殖管道分化的基础上，睾丸分泌的雄激素作用于外生殖器的原基：生殖结节、尿道褶和生殖隆突，使之男性化，形成阴茎和阴囊。在女性，由于卵巢不分泌雄激素，生殖结节、尿道褶和生殖隆突向女性化发展，形成阴蒂和阴唇。

上述 4 个阶段的分化过程，在胎儿早期即已完成。因此凡分化发育正常的胎儿，出生时均可判定其性别。各个阶段的分化发育是有规律的连续的现象，根据出生时外生殖器的形态判定性别，一般是不会发生错误的。

5. 激素的性别（hormonal sex）　随着性腺与生殖器的分化，内分泌机能也开始分化。首先是调节垂体分泌促性腺激素机能的丘脑下部分化。丘脑下部有两个调节垂体分泌促性腺激素机能的中枢。一个是为排卵所需的周期性促性腺激素释放调节中枢，另个是为分泌性腺激素所需的促性腺激素分泌调节中枢。在男性，由于胎生期睾丸分泌的雄激素使周期性促性腺激素释放调节中枢非活化（即男性化），以致在男性成熟期没有促性腺激素的周期性分泌；而在女性，由于不分泌雄激素，不能使调节中枢非活化，致在其成熟期以 28 日一次为周期释放促性腺激素而引起排卵。

到了青春期，丘脑下部的垂体一性腺系统机能开始活跃，由睾丸分泌雄激素，由卵巢分泌雌激素，促进二次性征的发展，形成男性或女性的体型。这一过程称为激素的性别。

6. 心理的性别（gender role, sex orientation）　主要是在生后作为男性或女性成长过程中，受生活环境和社会教育的影响而形成的。

二、性分化异常

由于某种原因，正常的性分化过程在某个阶段发生异常改变，与正常的分化发育不

一致，造成不能正常地判定男性或女性的形态异常或机能异常，这就是广义的性分化异常（disorders of sexual differentiation）。但是一般所说的性分化异常是狭义的，指的是出生时已经出现的先天性形态异常，而不包括内分泌机能的分化异常，或者躯体的性别与心理的性别不一致的同性恋。

两性畸形（hermaphroditism）　指的是具备男性与女性两性的特征，但在现实生活中在形态与机能两方面完全具备两性特征的人是不存在的，一般都是不完全地具备男女两性的特征。通常依其性腺的性别作为判定的标准。同时具备两性的性腺者称为真两性畸形（true hermaphroditism）；若性腺的性别与生殖器的性别不一致，称为假两性畸形（pseudohermaphroditism）。

在假两性畸形中，其性腺分化为睾丸，但生殖器分化为女性型，称为男性假两性畸形（male pseudohermaphroditism）；若性腺分化为卵巢，而生殖器分化为男性型，则称为女性假两性畸形（female pseudohermaphroditism）。

两性畸形是一种先天异常，但与性分化异常的概念并不完全相同，后者包括遗传的性别（即染色体性别）异常，这是两性畸形的概念所不包括的。例如 Turner's 综合征就是一种由于性染色体异常而发生的性腺形成不全症（gonadal dysgenesis），从组织学上不能判定其性腺性别，因而不属于两性畸形。其性染色质为阴性，核型为 45，X，与正常的女性不同。有人将这种处于男女两性之间，既难以定为男，也难以定为女的状态，称为间性（intersexuality，intersex）。如 Armstrong 就将 Turner's 综合征和 Klinefelter's 综合征称为染色体间性（chromosomal intersex），将真两性畸形和某种性腺形成不全症称为性腺间性（gonadal intersex），将睾丸性女性化症（testicular feminization）称为激素间性（hormonal intersex）。但 Tureer's 综合征的核型为 45，X，从其染色体性别看是不能区分男女的，但其生殖器完全是女性型的；Klinefelter's 综合征的核型为 47，XXY，性腺在组织学上分化为睾丸，生殖器是男性型的。显然前者判定为女性，后者判定为男性并无困难。在其他两种情况下，间性的概念也是暧昧的。即在性分化异常与两性畸形之外提出间性的概念是没有必要的。

第三节　决定性分化的主要因素

一、性染色体

决定未分化的性腺发生分化的是性染色体。性染色体的构成为 XX，则性腺分化为卵巢；若为 XY，则分化为睾丸。

男性的染色体组型为 46，XY。已有的研究表明，染色体组型为 47，XXY，48，XXXY，49，XXXXY 的 Klinefelter's 综合征患者，其性腺都分化为睾丸。据此可以认为，Y 染色体是强有力的睾丸决定者，即性腺的分化与 X 染色体无关，只要有 Y 染色体存在，性腺

就分化为睾丸。最近已发现编码睾丸决定因子（testis determining facfor，TDF）的基因存在于Y染色体的短臂。

另一方面，正常的女性染色体组型为46，XX。性染色体异常的Turner's综合征，其性染色体组型为45，X，由于缺少一个X染色体，而发生性腺形成不全症，仅残留有痕迹的性腺。但是研究这种个体的胎生初期性腺，发现其未分化性腺的皮质部已有原始卵泡形成，即其向卵巢分化的初级阶段已经完成；但在其后的发育过程中，卵泡细胞的组织化有缺陷，原始卵泡不向初级卵母细胞发育而发生变性，最终使性腺成为痕迹的纤维性索状物。由这一事实可以推知，由未分化的性腺向卵巢分化，需要1个X染色体的诱导，但分化的卵巢要发育为正常的卵巢，具有形成卵细胞和分泌激素的机能，需要有另一个X染色体的存在。

对性染色体在性腺分化中的作用，Hamerton（1968）提出如下假说：在X染色体上有在对未分化性腺的皮质发育有刺激作用或对髓质发育有抑制作用的基因（F基因），和对皮质发育有抑制作用或对髓质发育有刺激作用的基因（M基因）。在女性F基因起作用，使在未分化的性腺皮质中出现向卵巢分化的迹象；在男性Y染色体作用于X染色体上的M基因，使产生髓质刺激因子或皮质抑制因子，使未分化性腺的髓质出现初级生殖细胞索，而向睾丸分化。

二、H—Y抗原

有Y染色体存在即可使未分化的性腺向睾丸分化，但Y染色体是借助什么样的机制起作用，是一个值得注意的课题。在TDF物质未发现前，H－Y抗原假说有助于说明这一机制。

未分化性腺向睾丸分化是由生殖细胞沿生殖嵴游走并进入髓质开始的。在发生学上，器官的发生是需要异种细胞相互直接接触并相互认识的，推想睾丸的分化也是由生殖细胞与体细胞的相互认识开始的。认为使这种细胞相互认识的媒介因子就是H－Y抗原。

H－Y抗原即组织相容性Y（histocompatibility－Y）抗原。Eichwald和Silmser（1955）首次发现纯系小鼠（同基因型）雌性个体可以排斥雄性个体的移植物，而雄性个体却不会排斥雌性个体的移植物。雌性个体之间或雄性个体之间都不会发生移植物排斥反应。一系列的实验证实，雄性小鼠的细胞存在一种抗原，这种抗原是同系或同基因型（syngeneic）的雌体所没有的。同系的雄性个体与雌性个体相比，其遗传素质上的差异只是前者有Y染色体而后者只有X染色体。因而设想这种与雄性相关联的抗原是位子Y染色体上的一个基因或一组基因所编码的，而这个抗原属于组织相容性抗原，因而称为H－Y抗原。

与H－Y抗原相对应的抗H－Y抗体，可因将雄性细胞移植给雌性小鼠而获得。用这种抗体检查哺乳类动物，凡雄性均为阳性，雌性均为阴性。进一步就性腺性别与染色

体性别不一致的个体进行检查，发现凡有睾丸的个体，H－Y 抗原为阳性，而无睾丸的个体则为阴性。因而推想 H－Y 抗原乃是与 Y 染色体相关联的睾丸决定基因的产物（Wachtel et al 1975）。

Ohno 和 Zeuzes 等用抗 H－Y 血清处理 BALB/e 新生雄鼠睾丸细胞，封闭细胞膜上的 H－Y 抗原，继续培养 16 小时，培养过程中新产生的 H－Y 抗原，继续被培养液中剩余的 H－Y 抗体所封闭。这样处理后，失去 H－Y 基因产物（H－Y 抗原）的睾丸细胞便形成球状聚合物，其中大多数类似卵巢中的卵泡细胞。同样条件下，用不含 H－Y 抗体的对照血清处理，睾丸细胞仍保留有 H－Y 抗原，则形成柱形管状结构，类似曲精小管。

还有一些有趣的实验，例如分泌到培养液中的新生雄鼠睾丸组织产生的 H－Y 抗原可使培养液中的新生鼠卵巢组织转化为睾丸组织。也有人将人的 H－Y 抗原加入到体外培养的胎牛卵巢中，5 天内卵巢可转变为睾丸。

以上事实提示 Y 染色体决定原始性腺分化为睾丸是由 H－Y 抗原所介导的。一旦睾丸细胞形成，便分泌睾丸激素阻止性腺发展为雌性表现型的趋势，所以 H－Y 抗原是性别分化的决定性因素。

在此基础上，Ohno（1976）提出了以 H－Y 抗原为中心的睾丸分化假说。男性性染色体为 XY，其所有细胞都有 XY（XY 细胞），因此在细胞膜上都有与 Y 相关联的基因产物——H－Y 抗原。细胞与细胞通过直接接触所进行的相互认识，是以与 H－Y 抗原相对应的受体为中介的，如同抗原抗体反应一样。受体是存在于细胞膜上的，与 H－Y 抗原不同的个体，只在其性腺的体细胞上有这种受体，在其他脏器、组织的体细胞上没有这种受体。因此，原始生殖细胞沿生殖嵴游走形成未分化性腺，以及髓质部发育向睾丸的分化，都是在生殖细胞与体细胞以及体细胞相互间以 H－Y 抗原及其受体为中介而发生的，是 H－Y 抗原作用的结果。性腺以外的体细胞虽有 H－Y 抗原存在，但因没有受体，所以不会出现 H－Y 抗原的睾丸诱导作用。

H－Y 抗原是由 Y 染色体上的基因位点所编码，还有下述的有趣事实可以证实：一种性染色体异常的男人，染色体组型为 XYY，比正常男人多了一个 Y 染色体，其细胞膜上的 H－Y 抗原的含量比 XY 正常的男性要高，表现出 H－Y 抗原量与 Y 染色体相关。

上述 H－Y 抗原与 Y 染色体及雄性的相关是就哺乳动物而言的。在哺乳动物 XX 决定雌性，为同型性别（homogametic sex）；XY 决定雄性，为异型性别（heterogametic sex）。但鸟类及某些两栖类则与哺乳类相反，如鸡的雌性为异型性别（ZW），雄性为同型性别（ZZ）。在鸟类中 H－Y 抗原在雌性中表达，而雄性个体都不存在 H－Y 抗原。可见，H－Y 抗原并不是依赖于性别，而是依赖于异型染色体。在哺乳类，Y 为异型染色体，它决定雄性性征，H－Y 抗原就在雄性中表达；在鸟类，W 为异型染色体，它决定雌性性征，H－Y 抗原就在雌性中表达。

三、雄激素

原始生殖腺在遗传因素控制下向睾丸方向分化时，其皮质退化，但髓质发育良好，因而间质细胞和肾上腺皮质都产生相当量的雄激素。由于雄性激素的作用，促使原始生殖管道和外生殖器原基向着男性型方向衍变。其生殖结节增长形成阴茎；尿道襞左右融合发育为尿道海绵体，并包被在阴茎海绵体内形成的前部尿道；生殖隆突由腹壁部向阴茎侧移行，两半合并形成阴囊。

在女性，由于不受雄激素的作用，其外生殖器的变化就不如男性显著。生殖结节增长较小成为阴蒂；尿道襞与男性相似但不融合而形成小阴唇；生殖隆突肥大形成大阴唇。

由上述可见，雄激素对生殖管道和外生殖器原基的分化，起着重要的控制作用。当遗传性别为男性，由于某些原因而致雄激素不足，或遗传性别为女性，由于雄性激素过多，都会引起生殖管道和外生殖器原基的分化紊乱。例如将动物早期胚胎的睾丸切除，其生殖管道和外生殖器则分化为雌性类型。如果在胚胎晚些时候去掉睾丸，则出现不同程度的两性畸形。 （贾静涛）

第四节 微观水平的性别鉴定

性别鉴定是法医人类学个人识别的一个重要部分，一旦确定了性别，即为个人识别提供了50%的否定率。

法医人类学性别鉴定的方法，总的来说可以分为两类：一类是根据性征以及骨骼形态的差异判定性别，即宏观水平的性别鉴定；另一类是根据性染色质、性激素、H—Y抗原以及Y染色体特异DNA片段等判定性别，即微观水平的性别鉴定。

微观水平性别鉴定的情况可有以下几种：

1. 无名尸 无名尸骨，被肢解的尸块或某些灾难事故中的尸体，为了查找身源，首先要判定其性别，除根据骨骼判定性别外，尚可利用软组织、骨髓、牙齿以及毛发等进行微观水平的性别鉴定。

2. 现场遗留物 在某些犯罪现场，常常能发现血痕以及一些可疑的人体排泄物、分泌物、组织碎片、毛发等，均需确定其性别，以有利于认定罪犯或排除可能人。

3. 性犯罪的检验 在强奸案中，强奸犯自身常带有被害人的某些物质。如罪犯阴茎及内裤上沾有被害人的阴道上皮细胞或血细胞，如经检验证实这些细胞是女性的，其血型、酶型又与被害人相符，则有助于对罪犯的认定。

4. 性分化异常 对性分化异常尤其两性畸形的病例，为了确定其性别，常需进行微观水平的检验。

（李春彪）

参 考 文 献

1. Bryant NJ. An introduction to immunohematology. 2nd ed. philadelphia: Sander 1982.
2. 鈴木，木川，半陰陽のすべて。東京：南江堂。1979。
3. 林剑。免疫遗传学原理。北京大学出版社。1982。
4. Ohno S. The role of H—Y antigen in primary sex determination. J Am M A 1978; 239 (3) : 217—220.

第二章　性染色质

第一节　X 染色质

一、X 染色质的发现

1949 年，加拿大的解剖学家 Barr 和他的同事，在研究猫的脑神经元时发现，在雌性猫的运动神经元核内，有一种能与核仁同样被甲酚紫或硫堇等碱性染料深染的结构，通常每个核内只有一个，比核仁小，而雄性猫没有。由于这种结构多位于核仁或核仁的周围，而称之为“核仁卫星 (nucleolar satellite)”。在人的交感神经节内也发现了同样的结构，并且推测在其他人体组织细胞中可能也存在这种性别差异。进一步的研究表明，人体组织细胞内确实存在这种性别差异，并且发现，核仁卫星与核仁之间的位置关系并没有某种必然的联系，其位置也与猫的有些不同——多近于核膜内测。因其出现与性别有关，故改称为“性染色质 (sex chromatin)”，或“Barr 小体”。在 1970 年发现 Y 染色质，并证明了 Barr 小体与 X 染色体的关系后，乃又称为“X 染色质”。它是女性细胞核内特有的结构。

二、X 染色质的形态特点

X 染色质是女性细胞分裂间期细胞核内的一种染色中心(chromocenter)，大小约 1—1.5μm，被碱性核染料所染色要比其余的核染色质结构为浓。Feulgen 阳性反应表明其中含有高浓度的 DNA。

X 染色质在核内所处的位置是不一样的。在大多数情况下，位于核膜的内面，一面与核膜紧贴，一面突向核内。常呈三角形、平突形、斜方形、亚铃形或 U 形。有时 X 染色质如同核膜增厚或呈锯齿状并与核内的染色质细丝相连。(图 5—2—1) 棱形或杆状的 X

图 5—2—1　X 染色质

染色质有时位于核的一极。在少见的情况下，X 染色质可存在于核仁上或核质中，呈圆形，不易与同样大小的无性别特异性的其他染色中心相区别。因此，在进行细胞性别诊断时，在大多数情况下，只把位于核膜内侧的小体作为 X 染色质。在同一个细胞内，由于细胞所处的功能状态不同或个体的发育阶段差异，X 染色质的位置可能发生改变。

X 染色质并非人类所独有，可见于许多种哺乳类动物的各种组织细胞中。在啮齿类动物（仓鼠、灰鼠、家鼠、豚鼠）X 染色质存在于有许多染色中心的核染色质结构中，因而难于辨认。而在人类，在所有的组织、器官都可依其细胞核的结构确定性别。

三、X 染色质的来源

在细胞分裂周期中，染色体受到有规律的改变：染色体丝（chromonema）及其复制物的螺旋化与去螺旋化。在间期的细胞核中，大量的去螺旋化的染色体构成相对均质的核内容。染色体的复制（DNA 合成）是只在细胞周期的 S 期，在去螺旋化的状态下进行的。染色体的螺旋化见于有丝分裂的前期，在中期和减数分裂时螺旋化达到高峰。这时的染色体特异的功能活动最小。此外还确定，染色体经常是处于沿其长轴的不均一的螺旋化状态，可以区分为异染色质区和常染色质区。这些区可从形态上依其染色的浓度及结构的性质来区分。在间期的细胞核内，常染色质区呈去螺旋化的状态，而这时的异染色质区都趋向于呈螺旋化的致密状态——含有高浓度 DNA 的染色中心。异染色质中的螺旋化常伴有该区内所含基因的无活性状态。一些常染色质区，拥有经过鉴别的处于高度功能状态的基因，也有这个特点。一当其在间期细胞核内发生螺旋化，则该区内的基因也将处于无活性状态。

异染色质化（heterochromatinization）或称异固缩（heteropyknosis）是染色体部分基因非活化的普遍机制，而与其是否属于异染色质区或常染色质区无关。因此，在间期细胞核中所发现的染色中心可以由异染色质形成，也可由常染色质形成。这一类的染色中心之一就是 X 染色质。

Barr 与 Bertram 早已指出 X 染色质与 X 染色体间的相关现象，其后的许多研究都证实 X 染色质来自 X 染色体。

X 染色质是由女性细胞的一个处于异染色质化状态的 X 染色体形成的。这一染色体

发生螺旋化时，其上的基因变成无活性。在女性的细胞中，根据随机的原则，或者是来自父亲的或者是来自母亲的一个X染色体形成X染色质。女性细胞的X染色质的形成是受遗传控制的，在胚胎发育的早期，在根据性腺尚不能判定性别的时候，就可依X染色质判定女胚的性别。女胚发育第16日就可检出X染色质，这时的人胚仅有2 500—5 000个左右的细胞。但男胚尽管也处于母亲激素的作用下，却检不出X染色质。

X染色体的非活化是由Lyon（1968）提出的，因此也称为Lyon作用(Lyonization)。女性的2个X染色体，其一在胚胎早期发生非活化，只有一个保持活性。但生殖细胞例外，其2个X染色体都有活性，因此所产生的卵子都含有有活性的X染色体。男性只有1个X染色体，有活性，因而其X染色质为阴性。若一个细胞中含有2个以上的X染色体，则只有1个能保持活性，其他所有X染色体都将发生非活化，异固缩，形成X染色质。因此核内的X染色质数等于X染色体数减1。X染色体若有结构异常，则常是异常的X染色体发生非活化，正常的X染色体保持活性。

四、各种组织细胞中的X染色质

在各种组织细胞中研究最多的是口腔粘膜上皮。其含有X染色质阳性细胞核的女性细胞数，因不同作者而异，大致在20—79%之间，平均为40—51%。在男性细胞中这种

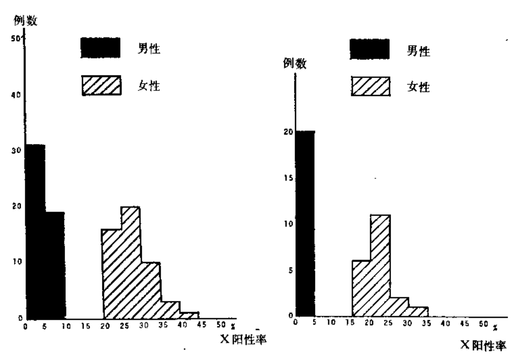


图5—2—2　口腔粘膜X染色质频率（安东 1973）

图5—2—3　唾液中脱落上皮的X染色质频率（安东，1973）

阳性核很少见，大致在0—9%之间，大部分在5%以下（图5—2—3）。上述结果的变异

性反映这一指征的个体差异很大，当然也包括一些其他因素所起的作用：检查经验，制备标本和染色技术，以及口腔粘膜的生理状态等。在刮取粘膜上皮涂片时，得到的主要是表层细胞和部分中层细胞，因此涂片中细胞核阳性率主要取决于其在表层细胞中的频度。X 染色质最常见于该层的下位细胞，而上位细胞则少见。这是因为表层细胞的再生是通过无丝分裂实现的，在直接分裂中 X 染色质小体不分开，保留在一个子细胞的细胞核中。无丝分裂的活性越高，X 染色质阴性核也越多。在检验实践中也确实看到，口腔粘膜疏松（指示处于高活性的生理性再生过程）的人，其刮片中的 X 染色质阳性率常很低；而富于弹性且剥落上皮较少的粘膜则阳性率较高。

在女性的其他组织中，根据不同作者的资料，X 染色质阳性核的出现率大致在 21—88%之间；而在男性有与 X 染色质类似的小块出现率为 0—21%。尽管在总结各家资料时，上述结果似有交叉，但就每一检查而言，为认定女性所需的最低频率并不低于男性的最高频率。

与 X 染色质类似的染色质小块出现率在男性所以高，是因为在发现 X 染色质后一段时间内，认定 X 染色质的标准尚不明确或不够严格，致使一些作者将类似的染色中心也计算在内。此外，选择含有 X 染色质或不含 X 染色质的核的标准不严格，也是影响计算的一个因素。这些标准就是可用于计数的细胞核的条件，如保持间期细胞核结构的程度，只有完好的间期细胞核才能使 X 染色质保存完好并用于计数。为此，要求核膜完整，境界清楚，其中染色质的散布均匀，染色正常。不适用于计数的细胞核条件包括细胞核受到明显破坏的一些指征，如核碎裂，染色质部分溶解或消失，染色质均一化，染色浅淡等等。这些标准并不像 X 染色质的鉴定标准那样固定，它的具体化是复杂的，因为核破坏的物理化学过程与其形态表现之间并不总是一致的。在核染色质的总体破坏与 X 染色质的破坏之间并不存在严格的平行关系，有时核已表现出明显的自溶性改变，或有很重的变形，但都能看到表现鲜明的典型的 X 染色质小体。坚持可数细胞核的选择条件，往往能决定所得的结果。

第二节　鼓　　槌

一、鼓槌的发现

Davidson 与 Smith（1954）首先指出根据血膜中分叶核的细胞的核结构可以确定性别。

嗜中性、嗜酸性与嗜碱性白细胞的核是分叶的，一般可分为 1—6 个叶。不论在男性或女性，都可以看到在分叶核上有不同形状的突起，而其中只有在女性血膜中所看到的分叶核突起具有性别的特征。这种有性别特征的核旁小体呈圆形，以细丝连于粒细胞的分叶核上。最初称之为性小结，以后因为其形态很像鼓槌而定名为鼓槌（drumstick）。

二、鼓槌的形态特点

1956年，Kosenow 与 Scupin 将圆形，以细丝连于分叶核上的典型核突称为A型核突，这种核突在女性中性粒细胞核上的出现率为3—4%。其圆形增大部分充满染色质，细丝部分染色质受色较淡（图5—2—4）。A型核突大多见于分叶核链上的末端叶，极少

A突：鼓槌 B突：无柄小结 C突：棒状小体

图5—2—4 中性粒细胞和三种核突

见于分叶的连接部。其圆形部分的直径约为1.5—2μm，平均比分叶核要小10—12倍。圆形部分的大小是认定A型核突的重要指标，但这一指标并不是绝对的，因为血膜的薄厚对核的大小有明显的影响。鼓槌柄的长短是不一定的，但一定要有细的槌柄才算鼓槌。应当把中性粒细胞的小叶或小鼓槌与A型核突严格区别开来。小叶的直径比鼓槌大，小鼓槌头的直径比A型核突为小。

A型核突的又一形态特点是其头部要比核的染色深，且呈均质的结构。有的白细胞主要是嗜酸性粒细胞，其A型核突不能依染色的深浅区分，但可依其结构是否均质来区分。前述与A型核突类似的小叶，其染色就不均一，且结构与其他小叶一致。由于这种小叶是整个分叶核上的一个中间环节，实际上是不难区分的。

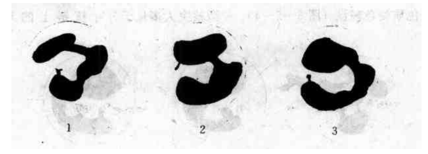
根据大多数研究者的意见，A型核突只见于女性白细胞，但也有的认为这种核突可见于男性白细胞，但其染色浅淡，且直径较小。

对女性白细胞特异的第二型核突是B型核突，其特点是呈程度不等的圆形突起，由刚刚可以看出的圆形突起到显著地突出于分叶核的表面。其与A型突起的主要区别在于有一个短而粗的根与分叶核相连。在A型与B型核突之间可有过渡型，有时难于区分，但这对诊断性别并不重要，因为所有这些过渡型对女性的细胞来说也都是特征的。B型核突中的染色质蓄积不论大小、色泽和配布都与A型一致。根据核突的染色辨认是否B型核突是很有意义的。如果说A型核突根据其形状与大小易于辨认，则B型核突主要根据其染色的深度易于辨认，特别是当其染色质块仿佛陷入核内的时候。

与B型核突相似的核突，偶而在男性白细胞核上也可以看到。

除了A及B型核突以外，白细胞的分叶核上还有各种形状的核突：钩状、线状、棒状、小鼓槌等（图5—2—5）。根据 Kosenow 与 Scupin 的分类，均属于C型核突。C型

核突与A及B型的区别主要是大小均小于1μm，且染色淡。此型核突不仅见于女性白细胞核，也见于男性。在同一个分叶核上可以既有A、B型核突，还可有某几种C型核突。C型核突没有性别特异性，其中棒状小体甚至男性比女性多见。此类核突在性别诊断时多不予考虑。



1. 钩状核突　2. 线状核突　3. 小鼓槌

图5—2—5　C型核突

在实际鉴定中，为了判定性别，仅在嗜中性粒细胞中检查A及B型核突，因为嗜酸性及嗜碱性粒细胞数目较少，而且粗糙的颗粒常使细胞核的轮廓不清。

由淋巴细胞与单核细胞也可以作出性别的鉴别，但是由于这些细胞核内的X染色质易被其他形态上类似的染色中心所掩盖，所以不用于计数。

凡性发育正常的女性，不论种族、年龄以及生理状况，均可在其中性粒细胞中查到性别特异性的核突。Davidson等检查新生儿至84岁老人125例女性血液涂片，发现每227个中性粒细胞中有1—38个细胞（平均6个细胞）有鼓槌，而125个男性血液涂片中，则没有一个细胞见到鼓槌。

三、鼓槌的来源

鼓槌与X染色质有密切的关系。已有的研究证实，鼓槌常和X染色质的数目变化有关。鼓槌不见于正常男性的细胞，但可出现于XXY综合征男性患者；鼓槌见于正常女性，但不出现于X单体综合征女性患者。在多X染色体的女性，一个细胞内的鼓槌也增多，如X三体综合征的患者，在少数中性粒细胞核上可连有两个鼓槌。当X染色体较大或较小时，鼓槌也相应地较大或较小。这些事实表明鼓槌乃是X染色质在多形核白细胞核中的一种表现形式。

鼓槌是如何由白细胞核内的X染色质形成的，据研究有3种可能的形式：（李崇高等1965）

1. 核裂出　即由核的一部分逐渐裂开，使位于核膜内侧的X染色质突出于核外，而形成一个单独的鼓槌。

2. 核攥出　即由核的一叶上直接被拉出而形成的。

3. 核膨出或挤出　即由核的一叶上逐渐地膨出或被挤出而形成。

第三节　Y染色质

一、Y染色质的发现

人类间期细胞核内的Y染色质是七十年代初期在细胞遗传学上的重要发现。自1949年Barr等发现X染色质后，整整经过二十年只知有X染色质。1968年，Caspersson等首先把荧光技术用于识别人类染色体，借助产生荧光的物质吖啶（acridine）为有丝分裂的染色体染色成功。吖啶的化学结构为一氮蒽，其衍生物如吖啶橙、吖啶黄、奎纳克林（quinacrine，商品名阿的平 atabrine）、芥子奎纳克林、二盐酸奎纳克林等均可用于染色体染色。1969年，Zech发现分裂期的染色体经奎纳克林染色后，在Y染色体长臂的远端出现很强的荧光。在这一发现的启发下，Pearson等（1970）等进一步发现在Y染色体的这一部分，不仅中期细胞核，就是间期细胞核也可出现荧光点。他们用这种荧光染料检查人的口腔粘膜涂片，发现在男性间期细胞核内有强荧光点，但在女性细胞核内却没有这种荧光点，认定这种荧光点与Y染色体有关，随称之为Y染色质（Y－chromatin）或Y小体（Y－body）；因此小体发荧光，故又名为F小体（F－body）或荧光小体。

1972年以来，石津日出雄等把这一发现移植于法医物证检验，相继证明用Y染色质检查法可以就唾液、毛发、尿、牙、血痕等鉴识性别，成为七十年代初期法医物证检验的一项重要成就。

二、Y染色质的来源

Y染色质是男性体细胞间期细胞核内的一种性染色质，是Y染色体长臂远端的一部分，其根据是：

1. 在有丝分裂中期，Y染色体的荧光较其他染色体的荧光强，因而在间期细胞核内发现强荧光部分，应为Y染色体的表现。

2. Y染色质和Y染色体长臂远端部分的荧光染色反应一致，大小也相似。

3. 在同一个体内，细胞核的Y染色质和Y染色体的数目相等。如正常男性有一个Y染色体就有一个Y染色质，正常女性没有Y染色体，也就没有Y染色质。有两个Y染色体的核型为XYY的患者即可在其细胞核内发现两个荧光小体。

4. 具有一个异常大的Y染色体的个体，其间期细胞核中的荧光小体也大。

5. 具有Y染色质的精子的比例与减数分裂后含Y染色体的精子比例一致。不含有Y染色质的精子，就是不含有Y染色体的精子，就是只含有X染色体的精子。

总之，Y染色质确是来自Y染色体，一个Y染色质代表一个Y染色体。

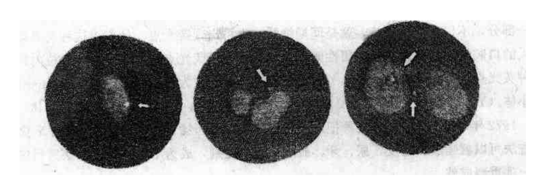
Y染色质不仅见于人类男性各种组织细胞中，也见于大猩猩（Gorilla），但在已检查

的其他 24 种哺乳动物的组织细胞中均未能检出 Y 染色质。

三、Y 染色质的形态特点

Y 染色质在核内的位置与形态是各种各样的。其典型的形态是界限清楚的强荧光小体，大小约 0.3μm 左右，一般较 X 染色质小 2 倍，位于核膜内侧，仿佛由核内向外突出状（图 5—2—6），常呈卵圆形或短棒状。Y 染色质亦可存在于核质内或核仁的周围，呈圆形荧光小体。多形核白细胞的 Y 染色质多位于其分叶核的核突内。

在淋巴细胞核内所见的 Y 染色质只有一个。但在分叶核的白细胞则常见由两个部分（两半）构成的小体。这可以用 Y 染色体的两条长臂都有鲜明的荧光反应来解释，这两个部分在间期细胞核内未形成一个圆形小体，而是表现为两个小的染色质块，彼此紧密排列在一起。这种形态的 Y 染色质在口腔粘膜和外根鞘细胞核中的出现率约为 7—25%。



左：口腔粘膜上皮细胞核　中：荧光小体存在于分叶核的核突上　右：毛囊上皮细胞核

图 5—2—6　Y 染色质（荧光小体）

（石津，安东）

不同个体的 Y 染色质形态与荧光强弱不完全一样，有的只出现一种形态，有的可同时出现二、三种形态。

四、Y 染色质的频率

Y 染色质存在于男性各种组织细胞内，包括淋巴细胞、中性粒细胞、口腔上皮、无根鞘细胞、羊水细胞、绒毛膜细胞、精子和成纤维细胞等。其阳性率普遍较 X 染色质为高，可达 20—99%。在血膜涂片，Y 染色质的阳性率以 50—80% 者居多（图 5—2—7）；而毛囊上皮细胞检查则以 80—100% 者居多（图 5—2—8）。

此外，在脑髓组织（神经细胞、胶质细胞及血管内皮细胞）、心肌、骨骼肌及平滑肌细胞中均可检出 Y 染色质。在肌纤维细胞中，Y 染色质多位于长形核的一极。在肠管上皮细胞核中所见的 Y 染色质其荧光较其他组织细胞为强。检查骨髓细胞，单核细胞核中

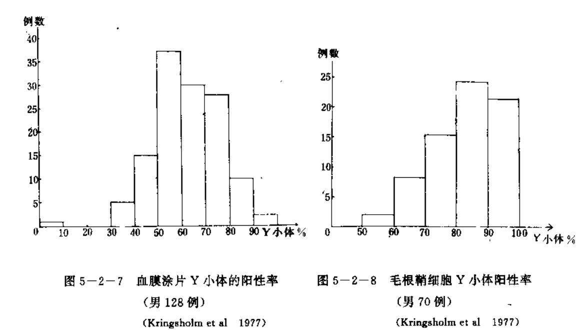


图5—2—7　血膜涂片Y小体的阳性率（男128例）（Kringsholm et al　1977）

图5—2—8　毛根鞘细胞Y小体阳性率（男70例）（Kringsholm et al　1977）

Y染色质比分叶核常见。一般在富于间质组织，特别是结缔组织、软骨及骨组织，由于这些组织本身就具有荧光染色，致使Y染色质的亮度减低，不易于检出。

在男性和女性细胞核中还可以见到一种大小约0.1—0.2μm的染色质块，称为F—染色质，其所发荧光与Y染色质相似或较弱。F染色质在一个细胞核内可有一个、二个或数个，在男性细胞中常与Y染色质同时伴有一个小染色质块。关于F染色质块在一个细胞核内的数目以及其在各种组织细胞中的频度，研究的结果认为，越是致密的核，其F染色质阳性核的频率越低，一个核中含有几个F染色质小块的机会越小。例如在口腔粘膜上皮细胞和外根鞘细胞中F染色质的阳性率达20%；而在核较致密的淋巴细胞，其阳性率则在10—12%以下。F染色质是由常染色体的异染色质部分形成的，不同于Y染色质，不具有性别的特异性。

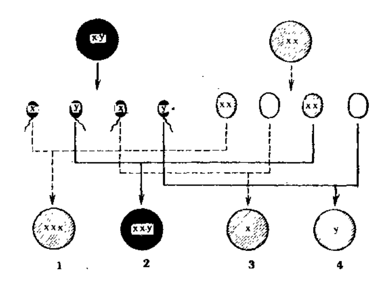
在女性的细胞核中，除了小的F染色质块以外，还可见有较大的鲜明发光的小体，很容易误认为Y染色质。这种染色质块在血液、唾液以及毛发等组织细胞中的出现率不超过5%。这种大染色质块很可能是小的F染色质聚集而成的。

在女性细胞核中所见到的类Y染色质还可能与第13对染色体长臂远端一半、第14对染色体长臂近端一半的强荧光带有关，也可能是第3对染色体长臂近端带，第15、21、22对染色体的随体或短臂的强度荧光所致。此外，其他杂质与荧光结合误认为Y染色质也是原因之一。类Y染色质的荧光大都较Y染色质弱，而且形状多为不典型的小圆形点或小弧形，仔细观察，不难区别。

第四节　性分化异常与性染色质

一、染色体数目异常的发生

在性分化异常的人，由于其性染色体组合障碍，常表现为外生殖器发育异常。在性染色体异常的人，其登记的性别可能与其染色体性别或遗传的性别不一致。已经证实，许多种性分化异常都与减数分裂过程中性染色体的分配障碍有关系，因而产生出有性染色体异常组合的卵子和精子。在女性生殖细胞第一次减数分裂时若其X染色体不分离，可以产生两型卵细胞，其一有2个X染色体，另一则没有X染色体。这两型卵子在受精时与正常的精子结合，其产生的合子将具有XXX，XXY，YO，XO等染色体组合（图5—2—9）。在男性生殖细胞第一次减数分裂时其XY染色体不分离，也将产生两型精子，其一有XY染色体，另一则不含任何性染色体（5—2—10）。



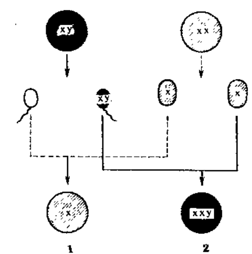
1. 女性，X三联体综合征　2. 男性，Klinefelter's 综合征
3. 女性，Turner's 综合征　4. 不能生存

图 5—2—9　减数分裂时卵细胞的X染色体不分离，孕卵可具有4种染色体组合的任一种

（Митвох　1964）

在第二次减数分裂时，也可能发生性染色体的不分离。在女性可形成XX与O两型配子；在男性可形成新型的配子XX与YY。在正常的与异常的配子结合时，将产生XXXX，XXXY，XYY，XXYY，YO等异常的性染色体组合。

尽管在理论上形成的合子具有YO的染色体组合是可能的，但在实际上尚未发现有YO这种组合的个体，认为这是一种不能生存的染色体组合。



1. 女性，Turner's 综合征
2. 男性，Klinefelfer's 综合征

图 5－2－10　减数分裂时精细胞的性染色体不分离，孕卵可为 2 种染色体组合的任一种
(Митвох　1964)

二、性分化异常与性染色质

对于患有染色体数目异常综合征的患者，X 及 Y 染色质的检查常有助于确定其染色体性别。下面介绍的一些性分化异常大都有性染色体组合障碍，表现其登记性别与染色体性别不一致。由于这些性分化异常都比较少见，因此在法医人类学实际中遇有此种症例，不仅可以提供鉴定性别的依据，还可能做为个人同一认定的重要依据。

（一）Klinefelter's 综合征

本病的特征是两侧睾丸先天性显著萎缩，临床上表现为无精子症及不育，但阴茎、阴囊以及阴毛的发育与正常男于无大差异。本病的其他特征有男性女乳，尿中促性腺激素含量增高。轻度精神发育不全等。发病率在男性约为 2‰左右。

在组织学上本病的特征所见是先天性曲细精管萎缩，玻璃样变与睾丸间质细胞（Leydig 细胞）块状形成。因此睾丸显著变小，发生无精子症及尿中促性腺激素排泄增加。

本病属于染色体数目异常性疾病。其常见的染色体组型为 47，XXY；其他尚有 48，XXXY；49，XXXXY；以及 48，XXYY 或 46，XY 与 47，XXY 的镶嵌型等。

镶嵌型（mosaic）是指受精卵分裂时形成具有 2 种以上不同性染色体构成的细胞群。如正常的 XY 受精卵在分裂途中 Y 染色体消失，则形成 XO/XY 的镶嵌体。若在其分裂途中 X 染色体不分离，则形成 XXY 与 YO，YO 不能存活，最后剩下 XY 与 XXY 两群细胞继续分裂增殖的镶嵌体。

Nelson (1956) 检查本病 62 例的口腔粘膜脱落细胞，其中 49 例为 X 染色质阳性，13 例为阴性。前者称为真性 Klinefelter's 综合征，后者称为假性 Klinefelter's 综合征。本病患者的性腺为睾丸，外阴为男性型，X 染色质应为阴性，但事实上却以阳性者居多，可能是染色体间性（chromosomal intersex）的一种表现。其 X 染色质的数目等于 X 染色体的数目减 1。例如核型为 XXXXY 者，在其某些细胞核中可以检出 3 个 X 染色质和 1 个 Y 染色质。

（二）Turner's 综合征

本病的主要临床表现为身躯短小（135cm 左右）；二次性征缺如，内外生殖器如小儿

样，无月经；有翼状颈、盾状胸、肘外翻等外表畸形；尿中促性腺激素含量增加，雌激素含量低下；智能低下。

在组织学上本病的特点是先天性卵巢发育不全，卵巢只有间质组织而无原始卵泡。肉眼卵巢呈白色条索状在阔韧带后叶中与输卵管平行走行。

本病的发病率在女性新生儿中为0.4‰，但在自然流产儿中占75‰，估计存活的XO新生儿仅为2%。

本病的染色体组型为45,X，其性染色体构成大部分是XO型，成为XO嵌合体（XO/XX，XO/XY，XO/XXX……），有的表现为X染色体短臂异常（部分缺失）。其发生机制与Klinefelter's综合征基本相同。

本病患者表现型为女性，但X染色质检查为阴性者居多数，偶有阳性者。

（三）真两性畸形

真两性畸形指的是睾丸与卵巢共存的个体，与染色体的性别、外生殖器的状态以及性腺以外的内生殖器状态等无关。本病的睾丸与卵巢或单独分别存在，或混合成一个腺体称为卵巢睾丸（ovotestis）。睾丸与卵巢的确认在组织学上有严格的要求。即睾丸组织必有精子、曲细精管和sertoli细胞的存在；卵巢组织必有卵巢基质和卵母细胞的存在。

本病的临床表现大都有外生殖器的发育异常，户口登记为男性者较多于女性。大都有二次性征的发育异常。

据已报告的248例真两性畸形病例，其中染色体组型为46，XX者占58%，46，XY者占17%，为镶嵌体XX/XY者占13%。即检出正常核型不能否定为真两性畸形，而检出X与Y的镶嵌体应疑为本病。在核型为46，XX例，若检出H—Y抗原，则为真两性畸形的可能性甚大。

（四）男性假两性畸形

1. 睾丸性女性化（testicular feminization）　有完全型与不完全型两种。

完全型睾丸性女性化的表现型为女性，外生殖器为女性型，但呈小儿样；阴道短小呈盲管状；子宫及输卵管缺如；睾丸大小及形态正常，多位于腹腔、腹股沟管或阴唇内。曲细精管发育不良，常仅由Sertoli细胞构成。仅见未熟的精细胞，无精子。Leydig细胞增生，成群存在。附睾及输精管常缺如。本症二次性征发育多不佳，常无阴毛与腋毛，乳房发育可如正常，但乳腺组织发育不佳，乳头及乳晕如小儿样。本症的染色体组型为46，XY与正常男性相同，X染色质检查为阴性。

不完全型与完全型的区别在于：有附睾和输精管；外生殖器呈间性型，阴唇发育不良，部分融合，阴道入口狭小；阴蒂肥大，有的长达5—7cm；阴毛的发育较好。睾丸存于腹腔中，曲细精管大部分为Sertoli细胞所占据，可见精原细胞与精母细胞，但无精子。

无子宫及输卵管，青春期后乳房肥大。其染色体组型亦为 46，XY。

2. 假阴道性会阴阴囊尿道下裂症 (pseudovaginal perineoscrotal hypospadia)　与不完全型睾丸性女性化的表现型相似。核型为 46，XY。睾丸存在于腹股沟管或阴唇内，大小正常，可见精母细胞，有时有少数精子。无子宫及输卵管。附睾、输精管及贮精囊可以看到。外生殖器呈间性型，阴道小而浅，阴蒂肥大，外尿道口开口于阴道部。出生时多判定为女性。

本症的特点是在青春期男性化。阴毛发育；阴蒂显著肥大呈阴茎样，因尿道口仍位于原来位置而呈尿道下裂状态。睾丸下降于阴唇内，致外形与男性生殖器相近。有的并能射精。一些发生性犯罪的男性假两性畸形多见于此型症例。

（五）女性假两性畸形

这是一种与性染色体组合障碍无关的性发育异常，是由于先天性肾上腺皮质增生所引起。其主要临床表现是由雄激素的过多分泌所引起的男性化。所有的病人都有正常的女性核型，都能检出 X 染色质。

（六）X 染色体多体症

女性 X 染色体多体症 (female X-cliromosome polysomia) 的特点是在其某些间期细胞核中存在 2 个以上 X 染色质，其核型为 XXX，XXXX 或 XXXXX。此种患者多有内分泌紊乱，常见卵巢功能障碍，可发生不孕、月经失调和更年期提前等。

（贾静涛）

参 考 文 献

1. Barr ML, Bertram EG. A morphological distinction between Neurones of the male and female, and the behaviour of the nucleolar satellite during accelerated nucleoprotein synthesis. Nature 1949; 163 : 676.
2. Науменко ВГ, Митяева НА. Опрееление. ПолА. Меяицина 1980 : 244—270.
3. Ishizu H, et al. Sex identification with a minimal sample by combining the Y-chromatin identification and the X-chromatin detection method. Jap J Legal Med 1973; 27 (5) : 287.
4. Ando K. Studies on the sex identification with human saliva and saliva stains by the analysis of exfoliated oral epithelia cells. Jap J Legal Med 1973; 27 (5) : 356.
5. Kringsholm B, et al. Fluorescent Y-chromosomes in hairs and blood stains. Forensci 1977; 9 : 117.

第三章　性染色质检出方法

第一节　根据血痕判定性别

一、检材的保存条件对检出性染色质的影响

根据有核细胞中的性染色质判定性别，是一种结果可靠，易于掌握与实施的方法。若技术水平不高，检验方法不当或检材保存不好，则性染色质的检出率往往很低，甚或检不出。保存因素对检出率的影响，主要有以下三个方面：

1. 保存时间　一般而言，性染色质的检出率随着保存时间的延长而下降（图 5—3—1）。这可能是由于异染色质的破坏，DNA 双链分解变性面降低了它的着色能力。另外，

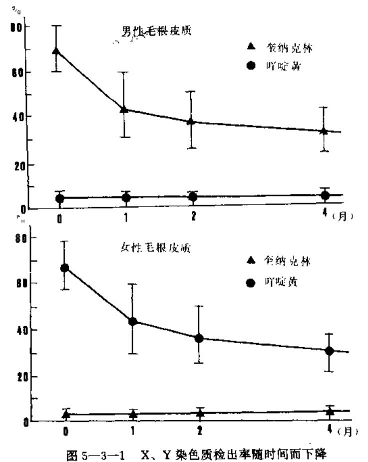


图 5—3—1　X、Y 染色质检出率随时间而下降

（采自 H. Nagamori，1986）

随着保存时间的延长，红细胞、纤维蛋白等愈加牢固地粘住白细胞，而白细胞膜、胞浆、核膜也更加干燥与VII缩，致使染料难以进入核内与染色质结合，并妨碍光线通过（蒯应松，1981）。

2. 环境湿度 如果生物检材被保存在比较干燥的条件下，则检材中的性染色质可保持相当长的时间，甚至经 10 年、15 年仍能检出。这是因为干燥使检材避免了腐败与变质。如在潮湿环境中，则其可检测性只能保持 6—12 小时（石津日出雄，1983）。

3. 环境温度 如检材保存在室温以下的干燥条件下，则性染色质的可检测性可保持很久。但如温度超过了 53℃，则其可检测性迅速下降（图 5—3—2）。

影响性染色质可检测性的其它因素，将在检测方法中分别介绍。

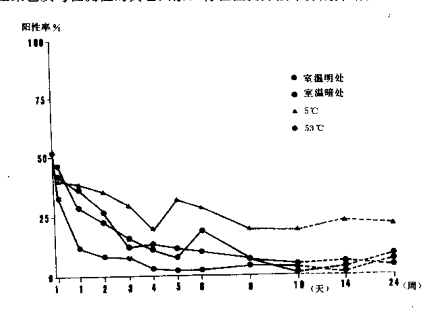


图 5—3—2 温度对血液标本中 Y 染色质检出率的影响
（采自 J. L. Thomsen，1980）

血痕是性别鉴定中最常见的检材，如凶杀现场发现的血痕，凶器上发现的血痕，嫌疑人衣服上发现的血痕等。根据血痕白细胞中鼓槌小体和 Y 染色质的检出率，常能准确地判定性别。

二、血痕中鼓槌小体检出法

（一）制片

1. 布片上的血痕

(1)剪取附有血痕的布片 0.5×0.5cm²，用分离针分离纤维后，置于离心管中，加 20% 醋酸 2ml，室温（18—22℃）浸泡 20 分钟。其间用吸管反复吹动或振荡试管使细胞从纤

维上脱落。

(2) 用吸管挑出纤维，离心（1 000r/min）20 分钟。

(3) 用吸管轻轻吸出上清液，弃去。再加 2ml 20%醋酸，混匀，同上条件离心。

(4) 弃去上清液，用吸管反复吹动离心管底部沉淀物使之混匀。

(5) 吸一滴悬浮液滴于载玻片上，用玻片推成薄膜，室温自然干燥。

(6) 滴 2 滴甲醇于涂片上，固定 3 分钟。室温干燥。

2. 布片上的微量血痕

(1) 剪取血痕纤维长 0.5cm 一段，置于载玻片上。

(2) 加蒸馏水 1 滴，低渗处理 30 分钟，尽量分离纤维。

(3) 加 40%醋酸 1 滴，保湿盒内固定 4 小时。

(4) 固定后在 56℃温箱中烘干，干后立即取出；弃去纤维。

（二）染色

1. Wright's 染色法

(1) Wright's 染液配法

①量取甲醇 60ml。

②将 0.1g Wright 粉剂置于乳钵内，加少量甲醇，充分研磨，愈细愈好。

③继续向乳钵内加入甲醇，边加边研磨，直到染料全部溶解，并将全部甲醇倒入。

④置试剂瓶中密封，一周后可用，以放置一个月后再用为最佳。

(2) 染色

①将固定好的涂片用特种铅笔（或蜡块）划出染色区，以防止滴加的染液溢流。

②将涂片平放在桌或架上，滴加染液至恰好布满所划范围内的血膜，染色约 2 分钟。

③加入等量磷酸盐缓冲液（pH7）或蒸馏水，迅速晃动玻片使之混匀，染色约 3 分钟。

④平持玻片，以蒸馏水冲洗，待洗净染液至血痕涂片呈淡红色为止。

⑤挥干或直立晾干，用中性树胶、合成树脂或香柏油封片。镜检。

(3) 结果：红细胞呈橘红色；中性粒细胞颗粒蓝紫至紫红色；淋巴细胞核蓝紫色，胞质天蓝色；单核细胞核蓝紫色，胞质灰蓝色；鼓槌小体呈深蓝紫色。

(4) 注意

①Wright 染料对 pH 较敏感，因此用缓冲液稀释染液可使染色作用稳定，便于识别和比较细胞的变化。蒸馏水呈中性，效果相同。

②如红细胞呈紫红色，表示染色时间过长；如白细胞核为天蓝色，则表示染色时间过短。

③涂片在加染液后勿使其干涸，否则易产生不易去掉的沉淀颗粒。

④可在染色过程中将带有染液的标本在低（高）倍镜下观察，当颗粒清楚、核浆分

明时表示染色佳良，可终止染色。

⑤此种染色方法能使鼓槌小体更清晰地显示出来。

⑥如涂片过厚，细胞与细胞之间将发生重叠，影响鼓槌小体的检查；如涂片过薄，则一些细胞核易被扭曲、弄皱，引起鼓槌小体的变形，也影响检查。

2. May-Grünwald 染色法

(1) 主要试剂的配制

①May-Grünwald 染液配法：称取伊红 1g，美蓝 1g，溶于 100ml 蒸馏水中，静置 2—3 天；

过滤，将沉淀用蒸馏水冲洗 2—3 次，置沉淀物入温箱烤干。

取烤干的 May-Grünwald 粉末 0.1—0.2g，加入 50—56℃的甲醇 100ml，使粉末充分溶解。冷却后过滤。

②Giemsa 原液配法：称取 Giemsa 粉剂 1g，置于乳钵中，加入甘油 66ml，研磨。加热至 56℃，稍冷后加甲醇 66ml，充分摇匀溶解，放置 4—7 天，然后过滤。

③Giemsa 稀释液配法：量取原液 4ml，加 0.7mol 磷酸盐缓冲液(pH6.4—6.8)40ml；

(2) 染色

①加 May-Grünwald 染色液于固定好的涂片上，染色 5—10 分钟；

②倾去染液，倾斜涂片，滴加十数滴 Giemsa 原液，然后浸入 Giemsa 稀释液中染色 15—30 分钟；

③用 0.7mol 磷酸盐缓冲液速洗。

④涂片晾干后，用香柏油或 DPX 封片。

(3) 结果：中性粒细胞颗粒呈紫红色；白细胞核呈蓝色至紫蓝色；红细胞呈红色，鼓槌呈深蓝色。

(4) 注意：用缓冲液洗涂片有分色作用，洗时应注意镜检。

3. Feulgen 染色法

(1) 主要试剂的配制

①Schiff's 试剂的配制：称取碱性复红 1g，用煮沸的蒸馏水 180ml 溶解。放冷至 50℃时过滤，滤液中加 1mol 盐酸 20ml。放冷至 25℃，再加无水重亚硫酸钠（或无水亚硫酸钠）1g，约经 30 分钟得无色透明液体。如呈棕黄色可加活性碳 2g 吸收，然后过滤。配好的试剂置褐色试剂瓶中保存在冰箱内，经 24 小时后可长期使用。

②亚硫酸水溶液的配制：将 10%偏重亚硫酸氢钾 7.5ml 和 1mol 盐酸 7.5ml 加到 135ml 蒸馏水中即可。然后每 50ml 装一杯，共装三杯。该溶液应每天用前新配。

③1mol 盐酸配制：浓盐酸(36—38%含量，比重 1.19)8.5ml 溶于 91.5ml 蒸馏水中。

(2) 染色

①涂片用甲醇固定 10 分钟。

②用 1mol 盐酸（室温）浸泡 1 分钟。

③浸入 60℃1mol 盐酸中，8 分钟。

④浸入 1mol 盐酸（室温），1 分钟。

⑤浸入 Schiff's 试剂 30—60 分钟。

⑥连续用亚硫酸水溶液洗三次，每次 1 分钟。

⑦流水冲洗 15—20 分钟。

⑧用 95%酒精和纯酒精脱水。

⑨中性树胶封片，油浸镜检查。

（3）结果：鼓槌小体呈深红紫色，核呈红紫色，细胞质呈绿色。

（4）注意

①严格控制盐酸水解 DNA 释放醛基的时间（8 分钟），温度不能低于 60℃。

②Schiff's 试剂和偏重亚硫酸钠需新鲜，否则效果不佳。

③所用玻璃器皿一律按组织化学要求处理。

④本法一般可判定 3—5 日内的血痕性别，最多判定 30 日左右。

（三）阳性频率与鉴定标准

1. 可数细胞的条件

（1）细胞核形态完整，无折叠，无重叠。

（2）细胞核无杂质及细菌干扰。

（3）细胞核染色清晰、均匀。

2. 阳性频率　鼓槌小体出现率为 1—17%（平均 2.6%）。

3. 鉴定标准　计数 500 个中性粒细胞，鼓槌小体出现 6 个以上为女性，否则可能为男性。

三、血痕中 Y 染色质检出法（一）

（一）制片

1. 取血痕纱布 0.5×0.5cm²，置于试管中，加 20%醋酸 2ml，在 37—56℃温箱中浸泡 30 分钟。

2. 再用玻璃捧搅拌 2—3 分钟，除去纱布，3000r/min 离心 5 分钟，弃上清。

3. 取残渣涂片，然后将涂片置于 50—60℃温箱中烘干，干后迅速取出。

4. 滴 2 滴无水甲醇于涂片上，固定至甲醇自然干燥。

（二）染色

1. 10%甘油—磷酸封固液的配制：纯甘油 9 体积加 pH5.5 Mcllvaine's 缓冲液 1 体

积。

2. 染色

(1) 加0.5%的二盐酸阿的平2滴，将载玻片置于50—60℃温箱中的保湿盒内，染色20分钟。

(2) 用自来水冲洗载玻片30秒左右，然后将载玻片放入Mcllavaine's缓冲液(pH5.5) 中分化2—3分钟。

(3) 滴一滴封固液封片，荧光显微镜下检查。

3. 结果暗视野荧光显微镜背景无光，细胞核呈弱荧光，Y染色质呈强荧光点。

4. 注意

(1) 用10%甘油—磷酸封固液封片，可使Y染色质荧光保持3个月。而用普通缓冲液封片，荧光只能保持1—2天（应宗敏，1986)。

(2) 在洗脱布片上的血细胞时，应用离心力所获得的白细胞数较用吸管冲击所得的要高得多。

(3) 多形核白细胞中Y染色质检出率要较单核细胞中低。可能与多形核白细胞的不规则形状（核重叠、核突起以及不规则的核边缘）有关。

(4) 用纯甲醇固定的血痕涂片，放置几天以后，其Y染色质检出率要较用Carnoy's液固定的检出率为低。

（三）阳性频率与鉴定标准

1. 阳性频率从表5—3—1中可以看出，在1—7小时内，延长血痕浸泡、染色及观察时间，以及适当地提高涂片干燥及染色时的温度，均能显著地提高检出Y染色质的阳性频率。

2. 鉴定标准　一般认为，Y染色质检出率在10%以上为男性；5—9%提示男性，需做进一步检查来证实；4%以下为女性。

女性血痕或其它组织细胞中都可检出极少量的类Y染色质荧光点，原因可能有以下几种（蒯应松，1981)：

表5—3—1　不同时间或温度下的Y染色质阳性频率

试验因素	时间或温度	例数	均值±标准差	95%可信限
血痕浸泡时间	10min	6	31.75±2.11	17.35—46.15
	30min	5	39.60±2.50	36.25—50.14
	5h	5	48.00±3.19	39.14—56.86
	7h	4	47.50±2.63	39.12—55.86
	13h	5	40.40±4.36	28.30—52.50
涂片干燥方法	室温晾干	19	28.74±2.24	24.03—33.45
	50—60℃烤干	19	43.79±2.68	38.16—49.42

续表

试验因素	时间或温度	例数	均值±标准差	95%可信限
染色时间	10min	7	21.14±3.69	12.12—30.17
	30min	7	29.63±2.45	23.85—35.42
	3h	6	37.13±3.19	28.93—45.33
	5h	6	31.81±2.14	26.33—37.33
染色温度	室温	12	27.00±2.18	22.20—31.80
	55—60℃	8	39.75±1.16	37.01—42.49
	80—82℃	7	49.88±2.96	42.88—56.88
	90—94℃	7	40.57±1.49	36.96—44.22
观察时间	60min	9	30.78±3.22	23.35—38.21
	6—7h	15	42.80±1.49	39.60—46.00
	12h	10	22.78±2.14	17.85—22.71

（蒯应松，1981）

（1）可能与第13对染色体长臂远端一半、第14对染色体长臂近端一半的强荧光带有关，也可能是第3对染色体长臂近端带，第15、21、22对染色体的随体或短臂的荧光强度变异所致。

（2）怀过男性胎儿的女性，其血痕中类Y染色质的另一来源，可能是因为胎儿的血细胞通过胎盘进入母体，并在母体内无性繁殖而延存。

（3）其它杂质、细菌与荧光染料结合，误被认为是Y染色质。

类Y染色质的荧光点大都较Y染色质荧光点弱，而且形态多为不典型的小圆点形或小弧形。

四、血痕中Y染色质检出法（二）

血痕中细胞的干涸，直接影响Y染色质的检出率。如果能将干涸的白细胞膨胀起来，则检出率一定会有所提高。为此，和中年等（1981）提倡用低渗膨胀制片法。现介绍如下：

（一）制片

1. 剪取血痕纱布0.5×0.5cm，放入刻度试管中，加蒸馏水1.5ml低渗处理25分钟。
2. 加40%醋酸溶液1.5ml固定4小时。
3. 用吸管冲洗纱布，然后弃去纱布，以2 000r/min离心20分钟。
4. 倾上清，留0.5ml，用吸管冲击沉淀使之混合均匀，再加20%醋酸溶液洗涤离心一次。

5. 倾上清，留 0.1ml，再用吸管冲击沉淀使之混匀，静置 2 分钟。
6. 吸 1 滴滴在载物玻片上，在 50℃温箱中烘干后立即取出。
7. 滴甲醇 2 滴固定 3 分钟，烘干。

（二）染色

1. 用 0.5%盐酸阿的平染色 30 分钟。
2. 自来水冲洗 1 分钟，蒸馏水冲洗并浸泡 3 分钟。自然干燥后观察。
3. 加 pH7.0 磷酸缓冲液 1 滴封片，荧光显微镜下观察。

（三）注意

1. 低渗处理时间是本方法的关键。时间过长会使细胞破裂，过短细胞膨胀不起来。根据不同情况用 20—60 分钟，近期血痕用 20 分钟，陈旧的加长处理时间。

2. 制片后，由于红细胞碎片和杂质附在白细胞核表面，使光线透过不良，影响 Y 染色质的观察。若在制片过程中增加一次用 20%醋酸洗涤、离心，则可得到满意效果。

3. 制片中要防止细胞核重叠或过度分散，两种情况均能造成 Y 染色质检出率下降，甚至不能检出。用吸管反复冲击沉淀，使之混合均匀，可避免细胞核重叠；涂片前的沉淀液要尽量少留（0.1ml），这样，细胞核能够集中，Y 染色质荧光易于观察。

4. 观察后的标本可连同盖片一起保存，如需复核检验时，将标本重新浸入蒸馏水中浸泡，待盖玻片自然脱落后，按上述方法染色即可观察。

（四）阳性频率与鉴定标准

1. 阳性频率　应用本方法，不同材料的阳性频率见表 5—3—2。

表 5—3—2　　不同性别干血痕荧光小体出现率

检出方法	例数		荧光小体出现率（%）					
			男			女		
	男	女	均值±标准差	95%可信区间	实测范围	均值	实测范围	无荧光小体
普查	200	60	52.0±1.13	49.7—54.3	18—95	0.6	0—6	76.7
脐带血	30	30	54.3±2.61	49.1—59.5	28—79	1.1	0—6	43.3
盲测：甲	72	27	38.8±1.89	35.0—42.5	11—78	1.4	0—6	40.7
乙	36	26	47.4±2.42	42.6—52.2	25—80	0.7	0—4	61.5
低渗处理	30	—	50.6±3.54	43.5—57.1	18—85	—	—	—
未低渗处理	30	—	28.8±2.48	23.8—33.8	6—50	—	—	—
石津氏*	31	19	49.9±3.35	43.2—56.6	0—82	1.0	0—2	42.1

*系根据石津 1—10 个月干血膜的荧光小体检出原始数据计算。　　（和中年，1981）

据石津（1983）研究，干燥环境中放置10年的干血痕，也能用来作性别鉴定。其检材分别由三个实验室的四位检查者检验。由于检验者的技术水平不尽相同，尽管检验方法和所用试剂相同，所得结果仍有某些差别（表5—3—3）。

表5—3—3　　10年干血痕检验结果

检验者	检材性别	检材序号	计数细胞数	Y染色质阳性频率（%）	阳性频率均值（%）
Tsutsubuchi	男	1—10	49—89	38.3—51.2	45.72
	女	41—44	86—109	0	0
Tomita	男	11—20	209—305	24.9—39.6	34.40
	女	41—44	196—248	0—3.0	1.45
Tsutsumi和Yamamoto	男	21—40	57—122	21.3—40.9	37.90
	女	41—50	103—126	0—0.9	0.26

2. 鉴定标准　在一张涂片中观察100个可数细胞核，确切检出10个以上荧光小体即可认定为男性。但认定女性应特别慎重。因为本法是根据检出荧光小体数目在6%以下反证为女性。要注意出血者的个体差异、血痕条件、细胞核标准以及检验技术水平等因素的影响。要做对照试验，确实排除干扰，才能结论。最好配合使用X染色质检出法。

第二节　根据上皮细胞鉴定性别

上皮细胞常常遗留在犯罪现场或当事人身上，成为鉴定性别的重要检材。如犯罪现场发现的水杯、香烟头、邮票等常沾有口腔上皮细胞；在被害人手上发现的拔脱毛发的毛囊上皮细胞或在被害人指甲缝内发现的皮肤上皮细胞；在强奸嫌疑人内裤上发现的阴道上皮细胞等。尽管这些检材制片方法不同，但染色方法基本相同。

一、上皮细胞中X染色质检出法

（一）制片

1. 香烟头、邮票上的唾液斑

（1）将粘有口腔上皮细胞的纸片用40%醋酸浸软。

（2）将细胞成分刮到载物玻片上并涂成薄膜，或用生理盐水将检材浸湿，然后将微加热的载物玻片平放其上并轻轻按压。

（3）用2滴甲醇固定3分钟，室温晾干。

2. 拔脱毛发的毛囊细胞

（1）将毛根的毛囊部分置于载物玻片上，滴加50%醋酸浸泡5分钟，使之软化。

（2）用粗分离针轻轻剥离毛囊细胞，将其铺成薄薄一层（直径约2cm）。室温晾干。

（3）滴2滴甲醇固定3分钟，室温晾干。

3. 阴道脱落细胞（接志政，1987）

（1）剪取强奸嫌疑人内裤有新鲜斑迹处布片置于试管中，用生理盐水浸泡并搅拌后弃去布片，离心（1500r/min）10分钟。或用生理盐水10—15ml反复冲洗嫌疑人的阴茎头（主要是冠状沟处），洗涤液置试管内，离心（1500r/min）10分钟。也可将内裤斑迹用1—2滴生理盐水浸泡3—5分钟，用刀片轻轻刮取粘附物直接涂片。

（2）弃上清，加入固定液（甲醇：冰醋酸＝3：1）10ml，于37℃温箱中固定1小时。

（3）同上条件离心，弃上清，再加数滴固定液制成细胞悬液。

（4）滴1滴细胞悬液于干净载玻上，晾干备用。

在性犯罪案件中，常有犯罪分子用手指接触受害人阴道的犯罪情节。因此，剪取嫌疑人的手指甲垢，作阴道脱落细胞鉴定，具有重要意义。指甲垢的提取方法如下：

（1）剪取十指指甲，分别置于载玻片上。

（2）滴加数滴生理盐水，浸泡3—5分钟，并洗涤指甲。

（3）取出指甲，以洗液涂片，晾干。

（4）用甲醇或乙醇固定3分钟。

（二）染色

1. 焦油紫染色法（Moore）

（1）染色

①将固定好的涂片和对照的涂片同时浸入0.5%火棉胶溶液内，提出玻片，使多余的胶液流下，仅留下薄薄的一层胶。涂片以80%酒精固定数分钟。

②蒸馏水洗后，入1%焦油紫水溶液染色15分钟。

③用95%酒精分色，至细胞核内染色质清晰为止。

④用无水酒精溶去火棉胶膜，二甲苯透明，封固。

（2）结果：X染色质为紫色小体，附于核膜内面，背景呈淡蓝紫色。

（3）注意：在分色期间要密切观察，这是获得理想染色效果的关键。

2. 猩红—坚牢绿染色法（Guard）

（1）主要试剂的配制

水溶猩红染色液的配制：水溶猩红（biebrich scarlet）1g，磷钨酸0.3g，冰醋酸5ml，50%酒精加至100ml。

坚牢绿FCF溶液的配制：坚牢绿FCF（fast green FCF）0.5g，磷钼酸0.3g，磷钨酸0.3g，冰醋酸5ml，50%酒精加至100ml。

Mayer苏木精稀释液的配制：Mayer苏木精溶液1份加蒸馏水5份。

（2）染色

①将固定好的涂片浸入 0.5%火棉胶至硬化。

②蒸馏水洗后，用稀释的苏木精淡染。

③沾掉玻片上的多余染液，直接入猩红染色液内染色 2 分钟。

④用 50%酒精冲洗。

⑤入坚牢绿染色液内染色 12—24 小时，可在室温过夜。此液主要是分色作用，如不断摇荡玻片则可于 3 小时左右即完成分色。

⑥水洗、脱水、去火棉胶膜，然后透明。

（3）结果　胞浆及核呈绿色，性染色质可呈红色。

（4）注意

①此方法染色时间较长，操作也较复杂，但其优点是效果恒定，没有染色经验者也能获得满意的效果。

②要用新配制的猩红染色液和坚牢绿染色液。

③用坚牢绿染色时要过染，这样性染色质就能染成深绿，可以与核膜呈现的颜色成明显的对比。

3. 硫堇染色法

（1）硫堇染色液的配制

①称取硫堇 4g，溶于 50%乙醇 100ml 中。

②缓冲液：将 9.741g 醋酸钠和 14.714g 巴比妥酸钠溶于 500ml 去 CO_2 蒸馏水中。

③0.1mol 盐酸。

将（1）、（2）、（3）按 40∶28∶32 体积比配成混合液，调 pH 值为 5.7±0.2，装瓶备用。

（2）染色

①将固定好的涂片浸入 37℃1mol 盐酸中 20 分钟。

②用蒸馏水轻轻冲洗，在硫堇染色液中染色 10—15 分钟。

③用蒸馏水轻轻冲洗净染色液，晾干后用中性树胶封片，油浸镜检查。

（3）结果　胞核呈淡紫红色，X 染色质呈深紫色。

4. 甲酚紫染色法

（1）2%甲酚紫染色液的配制：取甲酚紫 0.2g，冰醋酸 4ml，蒸馏水 6ml，混合后静置 24 小时，然后过滤备用。

（2）染色

①将固定好的涂片浸入甲酚紫染色液中染色 15 分钟。

②轻轻用自来水洗净、挥干。

③中性树胶封固，油浸镜检查。

（3）结果：胞核染成淡紫色，X 染色质呈深蓝色。

（三）阳性频率与鉴定标准

1. 可数细胞的条件

（1）细胞核染色清楚、均匀；

（2）核膜无皱折、无重叠；

（3）核膜境界清楚完整；

（4）核周围无细胞或杂质干扰；

（5）核内无多个染色中心。

2. 阳性频率

见 747 页。

3. 鉴定标准　X 染色质检出率大于 10%即可判定为女性，小于 2%可能为男性。

二、上皮细胞中 Y 染色质检出法

（一）制片

制片法与 X 染色质的相同。

（二）染色

1. 将已固定的涂片浸入 0.5%的盐酸阿的平染液中染色 20 分钟（陈旧血痕染 30 分钟至 1 小时）。

2. 用自来水轻轻冲洗净染液，然后浸入柠檬酸—磷酸缓冲液（pH5.5）分化 3 分钟。

3. 滴一滴含等量甘油的磷酸缓冲液（pH7.4）封片，荧光显微镜下检查。

（三）结果

荧光镜下，背景无光，细胞核呈弱荧光，Y 染色质呈强荧光点。

（四）阳性频率与鉴定标准

1. 阳性频率见 752 页。

2. 鉴定标准　Y 染色质检出率大于 10%为男性，小于 2%可能为女性，在 3—9%之间提示男性，需重新检验。

三、上皮细胞中 X 和 Y 染色质检出法

对同一涂片标本，如果能分别检查 X 染色质和 Y 染色质，根据两种性染色质的检出情况判定性别，则结果比只检查 X 或 Y 一种染色质的要准确、可靠。

（一）制片

制片法与 X 染色质的相同。

（二）染色

1. 主要试剂的配制

(1) 芥子阿的平染色液的配制：将 2.8g 芥子阿的平溶于 100mlpH7.0 的柠檬酸一磷酸缓冲液中，过滤后贮存在棕色试剂瓶内，置 4℃冰箱中保存 2 周。

(2) 封固液的配制：将甘油与相应的缓冲液按 2∶3 (V/V) 的比例混合即可，然后放 4℃冰箱中保存。

2. 染色

(1) 向已固定的涂片上滴加芥子阿的平 4—5 滴，染色 10 分钟。

(2) 用约 400ml 蒸馏水冲洗载物玻片，然后浸入 pH5.5 的柠檬酸一磷酸缓冲液中分化 3 分钟。

(3) 用 pH5.5 的封固液封片，过多的封固液用滤纸吸净，置荧光显微镜下检查，计数 Y 染色质荧光点并计算其出现率。

(4) 移去盖玻片，将涂片浸入 pH3.0 的柠檬酸一磷酸缓冲液中分化 3 分钟。

(5) 用 pH3.0 的封固液封片，置荧光显微镜下检查，计数 X 染色质荧光点并计算其出现率。

（三）结果

Y 染色质呈一亮点，小而亮；X 染色质呈一亮点，大而弱。

据 Korf，B. R. 等的研究，Macllvainek's 缓冲液 pH 值对性染色质染色的影响是双向的。当 pH 值降低到 3.0 时，荧光染料对 X 染色质亲和力最强；而升高到 5.5 时荧光染料对 Y 染色质亲和力最强。故而在同一标本上，用不同 pH 值的缓冲液处理可进行两种性染色质的检查，使检查结果更加确切、可靠。

【附录】 脱落细胞的检查（接志敏，1987）

在作阴道脱落细胞检查时，首先要在涂片上寻找阴道上皮细胞。

阴道粘膜上皮是由扁平鳞状上皮细胞构成的，细胞分为三层，即基底层、中间层和表层。阴道脱落细胞最多见的是表层细胞，其角化程度及比率在月经周期中常有改变，但都较体表皮肤的为低，这是阴道脱落细胞与阴茎脱落细胞最重要的区别。在阴道分泌物涂片上，绝大多数为有核未完全角化的鳞状上皮细胞和部分角化前鳞状上皮细胞，无核鳞状上皮细胞较少见。而阴茎脱落细胞角化程度较高，绝大多数为破碎、无核的鳞状上皮细胞，很少见到完全角化的有核细胞，无角化前细胞（表 5—3—4）。

在检查指甲垢涂片时，由于手指接触人体各粘膜部位机会甚多，因此，应特别注意将阴道粘膜上皮

细胞与眼、鼻、口腔粘膜上皮细胞加以鉴别，并结合X染色质检验，结果不难判定（表5—3—5）。

表5—3—4　不同检材中鳞状上皮细胞种类

	检材	例数	鳞状上皮细胞种类			X染色质检出率（%）
			无核细胞	角化前细胞	有核角化细胞	
调研实验	阴茎擦试物	80人次	96—98	0	4—2	0
	阴道分泌物	6人次	4—6	12—18	76—84	32—45
	阴道阴茎混合物	20人次	36—50	7—14	43—50	12—24
案例	男性裤衩粘附物	27人	40—52	10—12	38—48	9例12—25
	指甲粘附物	4人	32—46	9—15	45—53	8—12
	阴茎擦试物	4人	48—60	6—8	34—44	10—18

表5—3—5　阴道、眼、鼻、口腔粘膜上皮细胞种类、特点

上皮	细胞种类、特点
阴道粘膜上皮	阴道粘膜上皮由扁平鳞状上皮细胞构成，细胞体大，角化程度较低，涂片上绝大多数为有核细胞和较多的角化前细胞，约占95%。无核的完全角化鳞状细胞很少，约占5%。
眼粘膜上皮	眼粘膜有鳞状上皮细胞、柱状上皮细胞和杯状粘液细胞3种。前两者各占45%，后者占10%。
鼻粘膜上皮	鼻粘膜上皮细胞为鳞状上皮细胞、较多的纤毛柱状上皮细胞以及无纤毛的杯状粘膜细胞。
口腔粘膜上皮	口腔粘膜由鳞状上皮细胞构成。其细胞较阴道细胞小，脱落细胞角化的程度较高，多数为无核或核致密完全角化的细胞，角化前细胞则少见。

由于粘附于罪犯阴茎及其内裤上的阴道上皮细胞可因洗涤、摩擦、干燥等而脱落，因此，在作阴道脱落细胞检查时，要特别注意以下几点：

（1）发案后应尽快提取检材，以防嫌疑人洗浴或换洗内裤。一般阴茎取材在1—2天之内，衣物取材在1--5天之内。间隔时间过久，细胞的检出率则降低。凡经水洗过的检材，不宜作细胞学检验。

（2）提取检材之前，要证实嫌疑人近期无其它性生活（如未婚、丧偶、长期分居之人及其它特殊情况）。

（3）为排除性染色体异常（如XXY、XXXY等）造成的假阳性，应同时提取嫌疑人口腔粘膜细胞作检验对照。

第三节　根据无毛囊毛根鉴定性别

法医鉴定中遇到的毛发，无论是头发还是阴毛，常常是自然脱落而很少是因暴力拔脱的。这种毛发没有毛囊附着，但如有毛根存在，仍可用来做性别鉴定，不过难度较大，石津日出雄在这方面做了一系列研究，但检材还只限于毛根部。

一、毛根皮质中X染色质检出法（Nagamori H，1981）

（一）制片

1. 从毛根近端切下5mm长一段，将其置于Carnoy's固定液中固定12小时。

Carnoy's固定液的配制：量取无水乙醇6ml、冰醋酸1ml、氯仿3ml，混合后，置冰箱（4℃）中保存备用。

2. 将毛根浸入石蜡（m. p. 52—54℃）中包埋。

3. 将毛根切成5μm厚的纵切片，用白蛋白—甘油（1：1）粘附在载物玻片上，挥干。

4. 脱蜡。

（二）染色

1. 荧光Feulgen反应法

（1）主要试剂的配制

①荧光Schiff's试剂的配制：将1g盐酸吖啶黄和2g偏重亚硫酸钠溶于200ml蒸馏水中，再加入1mol盐酸20ml，混匀。

②1%酸性酒精的配制：

将1ml12mol盐酸溶于100ml70%乙醇中即可。

（2）染色

①用18—22℃的5mol盐酸水解30—40分钟。

②用荧光Schiff's试剂处理20分钟。

③用酸性酒精洗两遍，每遍5分钟。

④用纯酒精脱水，二甲苯透明，H.S.R.封片。

⑤用带有BO滤镜的荧光显微镜观察并计数X染色质的出现率。

（3）结果：毛根部皮质层细胞核呈长棒状，其中的X染色质呈亮金黄色荧光，靠近核膜，其他部分为绿色荧光。

（4）注意：在干燥环境中放置4个月的检材仍能用来判定性别；但在潮湿环境中，超过6—12个小时即不能用来做性别鉴定。

2. 脱色素法（Nagamori H，1980）

（1）亚硫酸水溶液的配制：将10%偏重亚硫酸氢钾7.5ml和1mol盐酸7.5ml加到135ml蒸馏水中即可。每天用前新配。

（2）染色

①用0.25%的高锰酸钾水溶液处理1小时。

②用0.3%的双氧水处理1分钟。

③用5%草酸处理5分钟。

④用蒸馏水洗两遍，每遍 5 分钟。

⑤在 5ml 盐酸中水解 30—40 分钟（18—22℃）。

⑥Schiff's 试剂（C.I. 42500，Chroma）染色 1 小时。

⑦在亚硫酸溶液中洗 2 遍，每遍 10 分钟。

⑧用蒸馏水洗 2 遍，挥干镜检。

（三）阳性频率与鉴定标准

1. 阳性频率　据石津日出雄研究，在女性毛根切片上，4 周时检出率为 20—45%（平均 27.7%）；8 周时为 17—40%（平均 23.8%）；16 周时为 17—37%（平均为 22.4%）；32 周时为 16—27%（平均 20.3%）。在男性毛根切片上，荧光点出现率为 0—8%（平均 2.8%）。

2. 鉴定标准　荧光点（X 染色质）检出率大于 10%即可定为女性，小于 10%（假阳性）可能为男性。

二、毛根皮质中 X、Y 染色质检出法（Nagamori H，1986）

（一）制片

方法同上。

（二）染色

1. 荧光 Schiff's 试剂的配制：同前。

2. 染色

（1）切片用 0.5%盐酸阿的平染液染色 5 分钟。

（2）用柠檬酸－磷酸缓冲液（pH5.5）调色 15 分钟。

（3）用 pH7.4 的磷酸缓冲液封片，在带有 BO 滤镜的荧光显微镜下计数阿的平荧光点并计算其出现率。

（4）除去盖玻片，蒸馏水冲洗切片，然后用 17mol 的氢氧化铵处理 5 分钟。

（5）用 5mol 盐酸室温水解 30—40 分钟。

（6）用荧光 Schiff's 试剂染色 20 分钟。

（7）蒸馏水洗净染液，挥干。用 H.S.R. 封片，荧光显微镜下计数吖啶黄荧光点并计算其阳性率。

3. 结果　毛根部皮质层细胞核呈长棒状，其中的 Y 染色质荧光亮而小，呈淡苹果绿色，靠近核膜；X 染色质荧光淡而大，呈亮金黄色，靠近核膜。

4. 注意　在干燥环境中放置 4 个月的检材仍能用来判定性别；但在潮湿环境中，超过 6—12 小时即不能用来做性别鉴定。

（三）阳性频率与鉴定标准

1. 阳性频率　据石津日出雄研究，女性毛根切片上，盐酸阿的平荧光点出现率为0—7%，吖啶黄荧光点出现率为59—85%；男性毛根切片上，盐酸阿的平荧光点出现率为61—79%，吖啶黄荧光点出现率为0—5%。

2. 鉴定标准　盐酸阿的平荧光点出现率在10%以上为男性，小于10%可能为女性，需再次检验；吖啶黄荧光点出现率在10%以上为女性，小于10%可能为男性，需再次检验。

第四节　根据组织细胞判定性别

在某些案件中，组织细胞常成为性别鉴定的重要材料。如在交通肇事案件中，车轮胎或车体上遗留的组织碎片；在碎尸案中，组织碎块、牙髓或骨髓组织等。

一、组织切片中X染色质检出法

（一）制片

1. 组织块在10%福尔马林溶液中固定。
2. 逐级用酒精脱水（70%、95%和100%）各2分钟。
3. 二甲苯透明，石蜡包埋。
4. 将组织块切成10μm厚切片，附贴在载物玻片上。
5. 用两瓶二甲苯脱蜡，各浸2分钟。
6. 依次用无水、95%、70%酒精浸渍，各2分钟；蒸馏水洗5分钟。

（二）染色

1. 用0.5%甲苯酚真紫溶液（用醋酸调整到pH值为4）染色5分钟。
2. 蒸馏水洗2分钟。
3. 用70%、95%和无水酒精分色和脱水，各2分钟。
4. 二甲苯透明，用Picolyte、中性树胶或DPX等封固剂封固，油浸镜检查。

（三）结果

细胞核呈淡紫色，X染色质呈深蓝色。

（四）阳性频率与鉴定标准

1. 阳性频率见747页。

2. 鉴定标准　X染色质阳性率大于10%为女性；5—9%提示女性，需重新鉴定；小于4%为男性。

二、组织碎片中Y染色质检出法

（一）制片

1. 将皮肤、骨骼肌、心肌、肺、肝、脾、肾、大脑和小脑等组织碎片用眼科剪在乳钵中剪碎。
2. 加少许生理盐水，将组织碎块研磨成泥状，使细胞充分游离。
3. 将组织泥移入离心管中，加Carnoy's液固定、离心（2000r/min）10分钟。
4. 弃去上清液，再加Carnoy's液1ml，混匀。
5. 吸1滴滴于载物玻片上，涂成薄薄一层，晾干。

亦可将组织块（1×1×0.5cm）直接冰冻切片，片厚约5μm。

（二）染色

1. 将涂片浸入pH7.0Mcllvaine缓冲液中分化5分钟。
2. 用0.005%芥子阿的平染液染色20分钟。
3. 用缓冲液冲洗3次后封片，荧光显微镜下观察、计数。

（三）阳性频率与鉴定标准

1. 阳性频率　据安积顺一用本法研究，各组织中Y染色质阳性频率见表5—3—6。
2. 鉴定标准　Y染色质荧光点在10%以上为男性，4—9%提示男性，3%以下为女性。

表5—3—6　男性组织Y染色质荧光点出现率

组织	阳性频率（%）	平均值（%）
皮肤	43—61	50.8
骨骼肌	54—86.5	71.5
心肌	49—71.5	61.3
肺	63.5—89	79.7
肝	41—96	69.0
肾	62.5—85	74.5
脾	49—85	69.0
大脑	52—86	71.0
小脑	46.5—84	69.3

（采自安积顺一）

三、牙髓及骨髓组织中Y染色质检出法

（一）制片

1. 用凿子劈开牙齿或骨骼，暴露髓质。髓质新鲜，则可直接推膜；若已陈旧，则取髓质少量置于载物玻片上。

2. 加20%醋酸1滴，软化髓组织，若髓组织陈旧干燥，须放保湿盒内浸泡30分钟（保湿盒置于56℃温箱中）。

3. 反复挤压髓组织使之成糊状。

4. 再加1滴20%醋酸，充分搅匀，放回保湿盒内。

5. 20—30分钟后，将髓组织涂成薄薄的一层，放56℃温箱中烘干。干后立即取出。

6. 用甲醇3滴固定3分钟，挥干。

（二）染色

1. 10%甘油—Mcllvaine（pH5.5）封固液的配制：纯甘油和pH5.5 Mcllvaine缓冲液按9：1体积比均匀混合。

2. 染色

（1）加0.5%盐酸阿的平染色液1—2滴于涂片上，放保湿盒内，在56℃温箱中染色30分钟。

（2）用自来水轻轻洗净染色液。

（3）在pH5.5 Mcllvaine缓冲液中分化2—3分钟。

（4）加封固液1滴封片，用滤纸吸去过多的缓冲液，置荧光显微镜下观察、计数。

（三）阳性频率与鉴定标准

1. 阳性频率

（1）牙髓组织：据安达弘高研究，Y染色质出现率在男性为37.1%，女性类Y染色质出现率为0—0.7%。

（2）骨髓组织：据安积顺一研究，Y染色质出现率在男性为36—67%（平均55.8%），女性类Y染色质出现率在3%以下。

2. 鉴定标准　Y染色质荧光点在10%以上为男性；在4—9%之间提示男性，需再次检验；小于3%为女性。

四、牙髓组织中X染色质检出法

（一）制片

1. 拔下牙齿，经10%福尔马林固定后，用凿子纵行劈开。

2. 取出牙髓，以石蜡包埋，然后连续切片（3μm）。常规制片。

（二）染色

1. 0.5molHCl（室温）作用2分钟。
2. 0.5mol HCl（60℃）作用7分钟。
3. 0.5mol HCl（室温）作用2分钟。
4. Shiff's 亚硫酸品红染色30分钟。
5. 10%亚硫酸溶液(1)　7分钟
　　　　　　　(2)　7分钟
　　　　　　　(3)　7分钟
6. 淡绿溶液（0.5%淡绿+8%酒精95ml），染色。
7. 无水酒精脱水、透明，树胶封片。在油浸镜下观察、计数。

（三）阳性频率与鉴定标准

1. 阳性频率　据末永四郎（1980）用本法研究，男性牙髓细胞中类X染色质出现率为3—8%，平均为5.1%；女性牙髓细胞中X染色质出现率为30—55%，平均为44.3%。

对于X染色质的检查，牙齿拔出后在空气中的暴露时间是一个重要的影响因素。据末永四郎研究，放置3天的牙齿，牙髓细胞即出现排列不整，有空泡形成，但大部分细胞仍可作X染色质检验。放置6天的牙齿，牙髓细胞出现核浓缩，空泡形成增多，但仍可检出X染色质。放置9天的牙齿，牙髓细胞核高度浓缩，可用来作X染色质检查的细胞减少。放置12天的牙齿，牙髓细胞出现核溶解，空泡形成增大，放置15—18天的牙齿，牙髓细胞核完全消失，只能残存极少的几个细胞核可用来检查。放置21天以上的牙齿，牙髓组织的崩解产物呈条索状、块状或网状，已不可能用来检查X染色质。

2. 鉴定标准　X染色质检出率在10%以上可定为女性，10%以下可能为男性。

（李春彪）

【附录】缓冲液的配制

1. 柠檬酸－磷酸氢二钠缓冲液（McIlvaine's 缓冲液）的制备

储备液：

a. 0.1mol 柠檬酸（分子量210.14）：2.10g 柠檬酸溶于100ml 蒸馏水中；

b. 0.2mol 磷酸氢二钠（分子量141.96）：2.84g 磷酸氢二钠溶于100ml 蒸馏水中。

缓冲液：

缓冲液的组成：a 液+b 液。

pH	a (ml)	b (ml)	pH	a (ml)	b (ml)
2.2	98.0	2.0	5.2	46.0	54.0
2.4	93.5	6.5	5.4	44.0	56.0
2.6	89.0	11.0	5.6	42.0	58.0
2.8	84.0	16.0	5.8	40.0	60.0
3.0	79.0	21.0	6.0	37.0	63.0
3.2	75.0	25.0	6.2	34.0	66.0
3.4	71.0	29.0	6.4	31.0	69.0
3.6	67.5	32.5	6.6	27.5	72.5
3.8	64.0	36.0	6.8	23.0	77.0
4.0	60.5	39.5	7.0	18.0	82.0
4.2	58.0	42.0	7.2	13.5	86.5
4.4	55.5	44.5	7.4	10.0	90.0
4.6	52.5	47.5	7.6	7.0	93.0
4.8	50.0	50.0	7.8	5.0	95.0
5.0	48.0	52.0	8.0	2.5	97.5

2. 磷酸盐缓冲液的制备

储备液：

a. 0.2mol 磷酸二氢钠溶液：3.12g 磷酸二氢钠（分子量 156）溶于 100ml 蒸馏水中。

b. 0.2mol 磷酸氢二钠溶液：2.83g 磷酸氢二钠溶于 100ml 蒸馏水中。

缓冲液：

缓冲液的组成：a 液（ml）+b 液（ml），加水至 100ml。

pH	a (ml)	b (ml)	pH	a (ml)	b (ml)
5.8	46.0	4.0	7.0	19.5	30.5
6.0	43.8	6.2	7.2	14.0	36.0
6.2	40.7	9.3	7.4	9.5	40.5
6.4	36.7	13.3	7.6	6.5	43.5
6.6	31.2	18.8	7.8	4.2	45.8
6.8	25.5	24.5	8.0	2.6	47.4

参考文献

1. Nagamori H. Sex derterminination from buccal mucosa and hair root by the combined treatment of quinacrine staining and the fluorescent feulgen reaction using a single specimen. Forens Sci Inter 1986; 31：119.
2. 蒯应松，等。干血痕中 Y 染色质在性别鉴定上的应用。中华医学杂志 1981；61 (3) ：142。

3. Thomsen JL. The effect of temperature on Y-chromosome detection in blood stains. Forens Sci Intern 1980; 16:139.
4. 杜卓民，等。实用组织学技术。第一版。北京：人民卫生出版社，1982:125。
5. 和中年，等。干血痕Y染色质鉴识性别的研究。中华医学杂志 1981; 61 (3) :145。
6. Ishizu H. Y chromosome fluorescence in 10-year old bloodstains. Jpn J Legal Med 1983; 37 (4) :387.
7. 接志政。性犯罪物证鉴定中阴道脱落细胞检验。刑事技术 1987; 6:33。
8. 张连太，徐厚德。硫堇染色法检验上皮细胞 染色质。刑事技术 1987; 5:23。
9. Nagamori H, Takeda K. Sex determination from plucked human hairs without epithelial root sheath. Ⅱ. Fluorescent Feulgen reaction using acriflavine. Forens Sci Intern 1981; 17:85.
10. Nagamori H, Takeda K. Sex determination from plucked human hairs without epithelial root sheath. Ⅱ. Depigmentation of melanin in the hair cortex before Feulgen reaction. For Sci Intern 1980; 15:169.
11. 末永四郎。歯牙による性別判定について。医学研究。 1980; 50 (1) :65。

第四章 分子水平的性别鉴定

第一节 放射免疫分析法测定性激素判定血痕性别

1959年，Yalow和Berson在研究胰岛素抗体时，建立了放射免疫分析法（Radioimmunoassag，RIA）。Abraham（1969）首次采用此方法测定血浆中雌二醇；Furuyama（1970）测定了血浆中睾酮；Abraham（1971）又测定了血浆中孕激素。而将此方法应用于法医学性别鉴定的则始于Brown（1976）一从血痕中检测性激素。此后他又发表了一系列文章，对血痕性激素检测方法做了一些改进和完善。

一、性激素的一般知识

（一）雄性激素和雌性激素

1. 雄性激素 雄性激素是19碳类固醇。具有生物活性的雄性激素主要有睾酮（testosterone）、脱氢异雄酮（dehydroisoandrosterone）、$\triangle^4$一雄烯二酮（androstenedione）、雄酮（androsterone）组成。这四种类固醇的相对生物活性之比为睾酮：脱氢异雄酮：雄烯二酮：雄酮=100:16:12:10。其中，睾酮的生物活性最强。

2. 雌性激素　雌性激素可分为雌激素和孕激素两类，都属于类固醇激素。

（1）雌激素：具有雌激素活性的物质主要有三种，即雌二醇—17β（estradiol）、雌酮（estrone）和雌三醇（estriol）。三种激素的生物活性之比为 100∶10∶3。一般认为，雌二醇是卵泡正常分泌的激素，雌三醇是雌二醇和雌酮的代谢产物。

（2）孕激素：代表物质是孕酮（progesterone）亦称黄体酮。

（二）性激素的分泌

1. 男性激素的分泌　男性的睾酮主要由睾丸曲精细管间结缔组织中的间质细胞（Leydig's 细胞）所分泌，占男性血浆中睾酮的 95%，少量由肾上腺皮质网状带产生。睾丸和肾上腺皮质还能产生少量雌激素和孕激素。

在胎儿时期，胎儿睾丸可分泌少量睾酮，对于胎儿的男性性分化起决定作用。出生以后，儿童时期基本上不分泌睾酮。大约到 11—13 岁，睾酮的分泌急速增加，直到性成熟期，以后就在整个生命期内持续分泌。

正常男性在青壮年期，血浆睾酮水平为 5.7—7.0ng/ml，女性为 0.38ng/ml。到 50 岁以后则逐渐减少；到 80 岁时，只有主峰时的 1/5。

血浆睾酮水平存在昼夜差别：午夜 2 时最低，早上 8—10 时最高。

2. 女性激素的分泌　雌激素主要在卵巢卵泡生长发育过程中由颗粒细胞层及卵泡内膜层分泌。卵巢还能分泌少量雄性激素。孕酮的主要来源，在月经周期正常的妇女是卵巢黄体，在妊娠妇女是胎盘。女性肾上腺皮质网状带除能分泌少量雌性激素外，还能分泌少量雄性激素。

在青春期以前，雌激素分泌极少。大约到 8—12 岁，雌激素开始大量分泌。随着月经周期的出现，雌激素的分泌也周期性地出现一个又一个的高峰，并且随着女子的成熟，雌激素的高峰排泄量也越来越多，是儿童期的 20 倍以上。40 岁以后，雌激素分泌逐渐减少，45—50 岁以后，周期性分泌停止，进入绝经期。表 5—4—1 介绍了人体血液内性激素的正常水平。

表 5—4—1　　人体血液内性激素的正常水平（ng/ml）

	雄烯二酮	睾酮	雌酮	雌二醇	黄体酮	17-羟黄体酮
男　孩	少量	0.4				
女　孩	少量	0.2				
成年男性	1.2	6.5	0.06	0.024	1.5	0.9
成年女性						
卵泡期	1.6	0.5	0.06	0.07	0.5	0.4
黄体期	1.6	0.5	0.12	0.17	10.0	1.5
妊娠期	4.2	1.4		200	140	
绝经后女性				0.015	0.75	

二、放射免疫分析法基本原理

放射免疫分析(RIA)是综合应用放射性核素的灵敏性和免疫反应的特异性所建立的一种超微量测定方法(ng—pg)，为体外竞争性放射分析方法中的一种。其基本原理可概括为：体外进行的两种类型（标记和未标记的）的同一物质结合另一种物质的竞争性抑制反应。因此，在放射免疫反应中包含有标记抗原、非标记抗原和能与这两种抗原结合的抗体。

放射免疫分析是根据质量作用定律和同位素稀释定理两种理论基础而建立的。免疫反应是可逆的，并能达到平衡状态的反应，即：

Ag（非标记抗原）
＋
*Ag（标记抗原）＋Ab（特异抗体） ⇌ *Ag—Ab（标记抗原抗体复合物）
⇅
Ag—Ab（未标记抗原抗体复合物）

(*Ag) 标记物	(Ag) 被测物	特异结合试剂(Ab)	反应达到平衡时的情况 结合部分B	游离部分F	放射性分布 F%	B%	B/F
●●●●●●		▭▭	●▭● ●▭●	●●	33	67	2
●●●●●●	○○	▭▭	●▭● ●▭○	●○●●	50	50	1
●●●●●●	○○○○○○	▭▭	●▭○ ●▭○	●○○●○○●●	67	33	0.5
●●●●●●	○○○○○○○○○○○○○○○○○○	▭▭	●▭○ ○▭○	●●○○○●●○○○●○○○○○○○○○	83	17	0.2

图5—4—1　放射免疫分析原理示意图
（李振甲，1985）

在此系统中，因Ag与*Ag对于抗体Ab具有同样的结合能力，故当*Ag和Ab量保持一定，且*Ag和Ag的总和超过Ab的特异性结合部位时，*Ag—Ab复合物的形成将随着Ag的增加而相应减少，也就是*Ag与Ab的结合被Ag竞争抑制。在反应系统达到平衡

时，将游离部分抗原（Ag 和 * Ag）与结合部分抗原 Ag—Ab 及 * Ag—Ab 分离，并测定它们的放射性。游离部分放射性活度（F）与结合部分放射性活度（B）就相应地代表了 * Ag 与 * Ag—Ab 的量。从图 5－4－1 可见，在若干不同的反应系统中，Ag 量的改变也反映在该系统中 F%、B%或 B/F 的变化上。以 B/F 为例，如放射性活度比值 B/F 较小，则 Ag 量必较多；反之，B/F 较大，则 Ag 量必较少。

三、由睾酮、孕酮、雌二醇比值判定血痕性别

（一）基本方法

这是由 Brown（1981）提出的方法。该法的基本内容是由血痕中用乙醚提取性激素，为使性激素不被破坏，需在低温条件下提取，所得醚层在液氮中干燥，然后将所得样本在 4℃苯中保存。

为了获得睾酮（T），孕酮（P）及雌二醇（E）等三种性激素，采用硅藻土层析法，以异辛烷和递增比例的乙酸乙酯为洗脱系统，对样品进行梯度洗脱。通过柱层析，不仅能将三种激素彼此分开，而且能将性激素同一些污染物和其它类固醇分离开，后者常能与血清抗体产生明显的交叉反应。将所得性激素各组份保存于 4℃苯中。

最后将所得的三种性激素作为样品非标记抗原（Ag），进行放射免疫分析。所用的标记抗原（*Ag）有 ^{3}H 睾酮（^{3}HT）、^{3}H 孕酮（^{3}HP）和 ^{3}H 雌二醇（^{3}HE），同时以三种标准的非标记性激素为对照。试验时，分别使各种标记抗原、样品非标记抗原、标准非标记抗原与高度稀释的相应抗性激素血清（Ab）相作用，用葡聚糖加膜活性炭（dextran coated charcoal，DCC）分离抗原－抗体复合物及游离激素，用液体闪烁计数器进行计数。

（二）结果

用本法提取血痕中性激素，提取率很高。血痕干燥 3 周后的提取率可达 86—94％。而且新鲜血痕与保存 8 周血痕的性激素提取量无明显差异。就男女两性血痕测得的性激素含量，计算 T/P、T/E、P/E 的比值，发现两性间的差别非常显著（表 5－4－2）。

表 5－4－2　血痕中两性激素比的平均值及其显著性

激素比	性别	样本数	均值	标准差	显著性水平
T/P	女	112	0.37	0.24	P<0.001
	男	34	3.51	1.31	
T/E	女	112	1.05	0.52	P<0.001
	男	34	5.46	2.84	
P/E	女	112	6.64	7.96	P<0.001
	男	34	1.65	0.75	

（三）性别判定标准

正常男性三个比值的下限分别是：

T/P：3.51－1.31＝2.20；

T/E：5.46－2.84＝2.62；

P/E：1.65－0.75＝0.9。

正常女性三个比值的上限分别是：

T/P：0.37＋0.24＝0.61；

T/E：1.05＋0.52＝1.57；

P/E：6.64＋7.96＝14.60.

Brown 的研究结果表明，用此方法判定血痕性别，如分别用 T/P 和 T/E，则在一个标准差内，正确率分别为 82%（女）和 91%（男）；在两个标准差内，正确率达到近 100%。如同时应用 T/P 和 T/E 则结果会更可靠。室温干燥环境中放置 8 周的陈旧性血痕也能获得可靠的结果。

血痕附着物（基质）往往影响检测结果，例如毛纺织品中常含有类固醇物质，而抗体对人类的孕激素和羊的孕激素又不能识别，结果不能真实地反映血痕中孕激素的水平，使测得值偏高。故在检材用去离子水浸泡后，应尽量弃去基质纤维，以免影响检测结果。

四、由睾酮与孕酮比值判定血痕性别

1983 年，石津等报告了一种比较简单的方法，省去了柱层析这一繁琐步骤，使之更简便易行。

男、女两性的性激素，其中雌二醇是实验室中常检测的对象。但血浆孕酮浓度比雌二醇浓度高几倍。在血痕中，两种激素的可检测量随着时间的推移而逐渐下降，故孕酮更适合于血痕中性激素的检测。石津仅检测了血痕中睾酮和孕酮的含量，以 T/P 比值判定血痕的性别。

（一）激素的提取

1. $2cm^2$ 的新鲜血痕（室温干燥 24 小时）布纤维用 2.0ml 生理盐水浸泡过夜后，再用 8.0ml 乙醚提取。分别吸取 1.75ml 和 1.50ml 的乙醚提取液，45℃蒸发干燥后用于 T 和 P 的检测。

2. $2cm^2$ 的陈旧血痕（9 个月）用氨盐水（浓氨水：生理盐水＝1：30V/V）浸泡过夜后，再用 8.0ml 乙醚提取，然后分别吸取 1.50ml，45℃蒸发干燥，用于 T 和 P 的检测。

（二）放射免疫检测

其基本过程如图 5－4－2 所示：

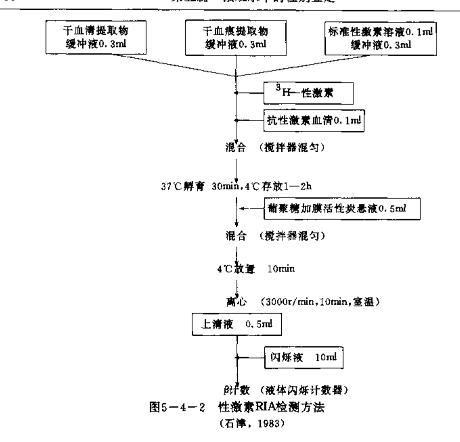


图5—4—2　性激素RIA检测方法
(石津，1983)

(三) 结果

就成年男、女性各10例，测得其血清，新鲜血痕和保存9个月血痕的睾酮(T)、孕酮(P)含量及其比值，发现两性间的差异非常显著(表5—4—3)，根据比值判定性别是完全可能的。

表5—4—3　睾酮与孕酮的含量(M±SD)及其比值

样　品	性别	睾酮(pg/ml)	孕酮(pg/ml)	T/P
血清	男	3247±613	496.6±113.8	4.19—8.67
	女	464.4±153.9	2096±3822	0.06—1.20
新鲜血痕	男	573.8±130.7	233.0±9.2	1.41—3.35
	女	130.7±37.9	734.6±735.5	0.08—0.63
9个月血痕	男	108.9±42.0	44.4±11.5	1.15—3.63
	女	18.2±2.8	151.6±121.7	0.05—0.53

应用放射免疫分析法检测血痕中的性激素，不仅有助于判定血痕的性别，而且还能间接地推知女性处于月经周期的哪一时期，是否妊娠及妊娠月数，是否已经绝经以及是否处于病理状态等(表5—4—1，表5—4—4)。

表 5—4—4　妊娠女性血浆孕酮浓度

周数	浓度范围（ng/ml）
18—21	55—78
22—25	62—88
26—29	72—135
30—33	88—144
34—37	107—178
38—41	120—190

五、根据血痕中睾酮量与全血蛋白量之比值判定血痕性别

男性血浆睾酮含量远远高于女性。但如果只检测出血痕中睾酮的绝对含量，而不知道所用血痕的生理容量，则形成血痕的血液中睾酮浓度难以判定，亦无法判定血痕性别。为了解决这个问题，Cheetham（1983）提出用血痕中睾酮量（T）比全血蛋白量（P）的方法判定性别。

全血蛋白量与血容量有一种相对应的关系，血容量发生改变时，其所含蛋白量亦发生同样的改变。因此，用蛋白量来估计形成血痕的血液体积是一种比较可靠的方法，而且，蛋白的定量测定比较稳定，重复性好，蛋白量与睾酮量的比值不受血痕体积变化的影响。由于女性血红蛋白量较男性低，使得两性间 T/P 值的差别变小。但因男性血浆睾酮水平远高于女性，因而对利用 T/P 值的差别判定性别不会有很大的影响。

1989 年，吴奋强、郭景元采用国产放免试剂，对这种方法进行了研究，认为效果较好。其基本方法如下：

（一）试剂

1. 睾酮放射免疫分析试剂箱（由上海市内分泌研究所提供）。

2. 磷酸盐缓冲液（pH7.5）　KH_2PO_4：0.03mol　0.25g/500ml；$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$：0.3mol　53.7g/500ml。按 1∶1（V/V）　比例混合。

3. 葡聚糖加膜活性炭（DCC）　葡聚糖 100mg 溶于上述磷酸盐缓冲液中，加活性炭 1g，振摇 1 小时后放入 4℃。使用时配成 0.25%。

4. 闪烁液　用 T. P. 4g，POPOP 125mg，无水乙醇 20ml，二甲苯 1 000ml 混匀配成。

5. 氨盐水　将氨水与生理盐水按 1/30 比例混合。

6. 考马斯亮兰 G—250

（二）血痕的处理

沿血痕边缘剪下，再将其剪成条状，放入 10ml 具塞刻度试管中，加入氨盐水 2ml，塞

上塞子，放 4℃过夜。次日上午取出，放入 55℃温箱 1 小时后取出，将管内棉纱挤干，弃之。剩下的液体用于蛋白测定和抽提激素。

（三）考马斯亮兰 G－250 蛋白定量法

按管原洁等所介绍的方法，并稍作改进。

（四）放射免疫分法

1. 样本管的制备　往血痕浸液中加入重蒸乙醚 5ml 和 0.1mol NaOH0.2ml，摇 5 分钟，静置片刻，待分层明显后吸出下层液，上层乙醚抽提液用水洗 2 次，每次用蒸馏水 1ml。取双份 1ml 抽取液置试管中，45℃水浴中蒸干。

2. 标准管的制备　在标准睾酮管中各加入睾酮标准液（100pg/100μl）0、10、20、50、100 和 200pg，吹干。

3. 向上述各标准管及样本管中加 H^3-T10μl（10μl≈10^4cpm），吹干。加稀释抗血清 0.2ml，总测定管及非特异性吸附管不加抗血清而加 0.1%明胶 0.2ml。摇匀，4℃过夜。次日每管加 0.5%明胶 0.1ml，置 4℃冰水中；除总测定管外，各管加 0.25%DCC0.5ml，摇匀，冰水中放置 10 分钟，然后取出离心（3000r/min）10 分钟。吸取上清液 0.4ml 加到 10ml 闪烁液中，振摇 3 分钟，4 小时后用液体闪烁计数器测量。

4. 标准曲线的制作及求样本睾酮值　以标准品浓度为横坐标，B/T（%）值为纵坐标，在半对数坐标纸上作出标准曲线。然后以样本管的 B/T（%）值从标准曲线上查出睾酮值，再以所查出的值×5 即为样本总的含睾酮量（μg）。

（五）结果

1. 新鲜成年血痕（3 日）的 T/P 值频数分布　每样本测定所需血痕量，男性（18－50 岁）为 0.1ml，女性（20－45 岁）为 0.2ml。男、女血痕 T/P 值分布情况见表 5－4－5 和图 5－4－3。

表 5－4－5　　男（M）、女（F）性新鲜血痕 T/P 值频数分布表

分组	频数		分组	频数	
	F	M		F	M
0－	40	0	24－	0	6
4－	3	7	28－	0	3
8－	2	12	32－	0	2
12－	0	10	36－	0	2
16－	0	6	40－	0	1
20－	0	7	44－	0	1
			总计	45	57

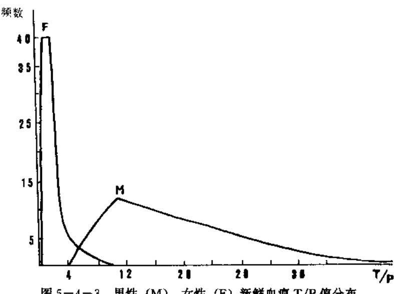


图5—4—3　男性（M）、女性（F）新鲜血痕T/P值分布

用百分位数法求出男性血痕T/P值为15.8pg/mg（4—50.8pg/mg），女性为15pg/mg（0.4—10.2pg/mg），男性T/P值显著高于女性（t检验，P＜0.01）；但是，男女T/P值在4—10.2之间有一小部分重叠区，男性值在此范围以上的有46例（80.7%），女性值在此范围以下的有40例（88.9%）

2. 时间因素对血痕T/P值的影响　表5—4—6是18例血痕标本（男、女各9例）在不同时间的测量结果。

表5—4—6　　时间因素对血痕T/P值的影响

时间（日）	T/P	
	M	F
3	29.68	3.27
15	12.08	2.17
30	6.5	1.8
90	3.27	0.29

可见，随着时间的延长，T/P值不断降低，但男女之间的差别仍十分明显。

3. 霉变对血痕T/P值的影响　将同一人的4份血痕样本分别置于－20℃冰箱和潮湿环境中，3天后，潮湿环境中的样本轻度长霉。测定每份样本的睾酮及蛋白值，结果，冷藏样本T/P值为10.2pg/mg，长霉的为1.9pg/mg。血痕霉变后，T/P值显著下降（P＜0.05）。这可能是微生物破坏血痕中的睾酮和增加了蛋白量的结果。

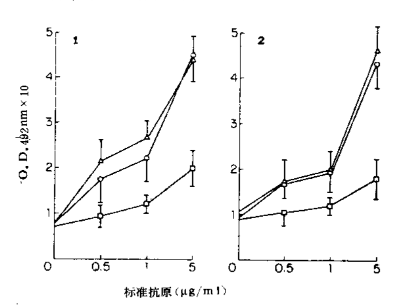
（李春彪）

第二节　测定H-Y抗原判定性别

在第一章中已经指出，H-Y抗原是各种哺乳动物男性细胞膜的一种成分，女性细胞膜没有这种成分。因此自发现H-Y抗原以来就被一些生物学家和临床学家用于确定性分化异常的人与动物性别的重要指标。特别是在临床上遇到一些性分化异常的症例，用性染色体、性染色质也判定不了性别，例如XX性反转（sex reversal）和XX真两性畸形，往往需要检查其H-Y抗原，以确定其究竟是男性或女性。

以往检测H-Y抗原，主要用由男性细胞（H-Y抗原）致敏雌鼠所得的多克隆抗体，进行补体介导的细胞毒性试验（complement-mediated cytotoxicity tests）（Wachtel et al，1974；Fellous et al，1978）。但这些试验在技术上是很繁杂的，因此学者们一直在探求改善H-Y抗原的检测方法。1984年Brunner et al研制一种以单克隆抗H-Y抗体与可溶性抗原反应为基础的酶联免疫吸附试验法（ELISA）。ELISA既可用于检测细胞表面的H-Y抗原，也可用于检测混悬液中的H-Y抗原，特别是已被成功地用于TM-4(一种推定为能分泌H-Y抗原的睾丸支柱细胞株）上清液的检测。

为了便于在临床上应用，Carlos等（1985）又对Brunner等的方法加以改善，先使单克隆抗H-Y被性分化异常病人的淋巴细胞（或培养的成纤维细胞）所吸收，再使剩余的抗体部分与TM-4调节液（已标定有H-Y抗原的产生）反应，然后用ELISA法检测



1. 成纤维细胞，男女各5例　2. 淋巴细胞，男女各4例

△. 未吸收的抗H-Y　○. 被女性细胞吸收的抗H-Y　□. 被男性细胞吸收的抗H-Y

图5-4-4　ELISA试验的O. D. 值

其吸收量。

正常男性与女性的成纤维细胞与淋巴细胞的吸收试验结果如图5－4－4。被男性细胞所吸收的H-Y抗体还能与标准抗原结合者一致性减少，相反，被女性细胞吸收的H-Y抗体则与未吸收的H-Y抗体结果相近，表明性别差异相当显著。在正确设置对照的情况下，同样可以测得病人的H-Y抗原存在情况，并借以推知其性别。

由于检测H-Y抗原的复杂性，在法医人类学的性别鉴定中迄未应用。最近，Duffy（1989）探讨了其在牙髓细胞性别检验中的应用价值。当牙髓组织不新鲜时，由于牙髓细胞被间质纤维组织所牢固包裹，而无法涂膜制片。这时可以用20%醋酸软化牙髓组织，然后用乳钵研磨分离细胞；也可用石蜡包埋切片法检测X和Y染色质；或用胶原酶、透明质酸酶等酶消化法破坏牙髓的基质后进行检查。但是检查性染色质的首要条件是核的完整性，而H-Y抗原是细胞膜中醣的构成成分，不需要这个条件。当检样牙仅有空的髓腔时，可以由牙本质小管或髓室表而检出H-Y抗原分子。因此用H-Y抗原判定性别，要比用性染色质判定更易于解决死后经过时间长的案例。所提出的H-Y抗原检测方法与前述ELISA法相似。

（贾静涛）

参考文献

1. Brown BL. The determination of the sex of an individual from a dried bloodstain using radioimmunoassay of testosterone, progesterone, and estradiol-17 J For Sci 1981; 26 (4) : 766.
2. 阮芳赋。性激素的发现。第2版。北京：科学出版社，1983：82—124。
3. 李振甲，王仁芝。激素的放射免疫分析。第1版。北京：科学技术文献出版社，1985：373—415。
4. Ishizu H, et al. Differentiation of sex origin of bloodstains by radioimmunoassay of sex hormone. Jpn J Legal Med 1983; 37 (2) : 127.
5. 吴奋强，郭景元。放射免疫分析法测定性激素判断血痕的性别。中国法医学杂志 1989；4 (2)：87。
6. Ohno S. The role of H-Y antigen in primary sex determination. JAMA 1978; 239 (3) : 217.
7. Carlos A, et al. Study of H-Y antigen in abnormal sex determination with ruonoclonal antibody and an ELISA. Am J Med Genet 1985; 20 : 525—534.
8. Duffy J. Potential for postmortem gender identification from human tooth pulp. Can Soc Forens Sci J 1989; 22 (2) : 109—117.

第五章 基因水平的性别鉴定

第一节 DNA 和基因

一、DNA 的结构和特点

DNA—即脱氧核糖核酸 (deoxyribonucleic acid)，是生物的遗传物质。它储存遗传信息，决定生物性状。DNA 分子由两条反向平行的多聚核苷酸链组成，呈双螺旋结构。每个核苷酸单体含一个脱氧核糖分子、一个磷酸分子和一个碱基。DNA 分子的骨架链由脱氧核糖和磷酸之间通过 5′，3′ —磷酸二酯键连接形成。碱基由骨架链伸出。DNA 分子中有四种碱基、分别是腺嘌呤 (A)、鸟嘌呤 (G)、胞嘧啶 (C) 和胸腺嘧啶 (T)。DNA 分子两条单链的碱基通过形成氢键而结合在一起并进一步形成双螺旋结构 (二级结构)。两个碱基形成氢键是非随机的，它们总是 A 与 T 之间、C 与 G 之间配对，即碱基互补原则。通过加热或提高 pH，可以使溶液中 DNA 双链的氢键破坏，使之形成两条单链。这个过程称为 DNA 变性 (denaturation)。如果降低温度或 pH，变性 DNA 的两条单链又可通过碱基互补形成氢键，形成双链 DNA 分子。这个过程称为 DNA 复性 (annealing) 或退火。DNA 的变性、复性特点是 DNA 分子杂交的基础。

DNA 分子的碱基排列顺序蕴藏着遗传信息。通过自我复制，将遗传信息传给子代细胞或个体。DNA 复制是以自身为模板的"半保留"复制。DNA 分子中的遗传信息通过转录过程传递给信使 RNA (ribonucleic acid，核糖核酸) 分子，信使 RNA 再通过翻译过程指导和控制蛋白质合成才能表达为遗传性状。

人类正常配子中所含的一套染色体组成称为染色体组或基因组 (genome)。人类基因组含 23 条染色体、3×10^9 碱基对 (base pair，bp)，仅有 5—10%编码蛋白质。编码蛋白质的 DNA 顺序在基因组中多数为单拷贝。基因组中，有的 DNA 顺序反复出现，存在多个拷贝，称 DNA 重复顺序。DNA 重复顺序又分高度重复顺序和中度重复顺序。前者占基因组的 10%，重复频率大于 10^5，重复单位为 4—10bp。在人类基因组中，高度重复顺序主要分布于 1 号、9 号和 16 号染色体的异染色质区、Y 染色体长臂以及染色体的着丝粒区。中度重复顺序占基因组的 30%，重复频率在 10^2—10^5 之间，重复单位多为 300bp 左右。高度重复顺序无转录产物，而中度重复顺序中有一部分属于可转录的，它们编码组蛋白、免疫球蛋白或转录成核糖体 RNA。

Alu 家族 (Alu family) 是人类基因组特异的中度重复顺序。它随机分散于整个基因组，占全基因组 3%左右。Alu 家族重复单位长 300bp，至少重复 3×10^5 次。300bp 的重复单位是经限制性内切酶 Alu 切割获得的，故而将这一重复顺序命名为 Alu 家族。Alu 顺

序亦见于其它灵长类动物，在啮齿类动物重复单位短（135bp）。

二、基因的概念与本质

基因是遗传物质的基本单位。它是具有特定功能的DNA片段，在染色体上具有一定的位点并呈线性排列。基因具有自我复制、修复和突变的功能。基因通过决定特定氨基酸排列顺序来控制蛋白质的合成。一切生物的遗传性状均由基因控制。

真核细胞的基因是不连续的，其编码顺序由非编码顺序间隔，因此称断裂基因（split gene）。真核基因中的编码顺序称外显子（exon）、非编码顺序称内含子（intron）。真核基因转录后，转录产物需经过加工才能变成成熟信使RNA。成熟信使RNA中不含内含子顺序对应的序列。

人类基因组 3×10^9bp 中，存在50 000—100 000个基因。现在已经发现4 600多个基因位点。其中，1 500多个基因已经定位到染色体或染色体区带上，600多个基因已完成克隆分离和序列分析工作。

第二节　基因和性别决定

一、睾丸决定因子

原始性腺具有双向潜能，是向睾丸发育还是向卵巢发育，由个体的性染色体组成决定。男性含X、Y两条性染色体；女性含两条X染色体。个体含Y染色体时，原始性腺将发育成睾丸；睾丸进一步分泌多种激素，诱导个体分化成男性。因此，Y染色体上一定存在一种性别决定基因，其编码蛋白产物能控制原始性腺发育成睾丸。现已将这种蛋白产物命名为睾丸决定因子（testis determining factor，TDF）。TDF基因作为一种性别决定基因便成为研究性别决定遗传控制机制的热点。

1959年，科学家首次证实Y染色体在人类和鼠的性别决定中起关键性作用。7年后，Jacobs和Ross二人发现，Y染色体短臂才是原始性腺向睾丸发育的决定部位。随后的20年里，有关TDF的研究进展缓慢。相当长的一段时间内，人们曾一度认为男性特有的次要组织相容性抗原，即H-Y抗原，为TDF。最近的基因定位工作表明，TDF基因位于Yp11.2-p11.3，而H-Y抗原基因位于Y染色体长臂着丝粒附近。

人类群体中存在性反转（sex reversal）个体，即XX男性和XY女性。他们为研究TDF基因定位和分离TDF候选基因提供了方便条件。XX男性的一条X染色体载有源于其父Y染色体上的TDF基因；XY女性则由于Y染色体上TDF基因缺失或点突变，进而TDF功能丢失所致。对性反转个体进行Y染色体的DNA缺失分析，人为地将Y染色体分成7个缺失间区（deletion intervals）并提示Y染色体间区1含TDF基因。

美国和英国两个研究小组在对性反转个体研究的基础上，通过定位克隆（positional cloning）技术，先后在间区 1A2 和 1A1 克隆出 TDF 候选基因，分别命名为 ZFY 基因和 SRY 基因。

二、ZFY 基因

美国 MIT 的 David C. Page 等人在分析性反转个体 Y 染色体 DNA 时发现，1 例 XX 男性只含间区 1A1 和 1A2，另 1 例 X，Y：22 易位女性缺少间区 1A2 和 1B。这一发现提示 TDF 基因位于间区 1A2。Page 等克隆出间区 1A2 内 140kbDNA，发现一种高度保守的基因，该基因编码一种锌指状蛋白（zinc-finger protein），命名为 ZFY。ZFY 基因在多种成人和胚胎组织中均有表达。在成人组织中，ZFY 基因表达不同。在睾丸组织中 ZFY 基因的特异性转录产物为 3kb，编码含 801 个氨基酸的蛋白质。该蛋白质含 13 个锌指状结构区，可能起转录调节作用。在成人体细胞中，ZFY 基因转录产物长 5.7kb。在 X 染色体上有 ZFY 基因的同源基因。命名为 ZFX。ZFX 基因定位于 Xp22.3-p21.2，其转录产物与 ZFY 基因相似，编码产物与 ZFY 基因氨基酸数相同。ZFX 基因转录产物在睾丸组织中为 5kb，在卵巢和体细胞中为 6.7kb 和 8kb 两种。此外，在有袋动物中，ZFY 同源基因位于常染色体上。

三、SRY 基因

1990 年，Palmer 等在 3 例 XX 男性和 1 例 XX 间性中发现均有间区 1A1 DNA 存在，不能检出 ZFY 基因。因此，对 ZFY 基因作为 TDF 候选基因提出否定意见。Palmer 等人的发现提示 TDF 基因位于间区 1A1。同年，与 Palmer 同一实验室的科学家们在间区 1A1 的 35kb 范围内，分离出一个高度保守的、Y 染色体特异性基因，称为 SRY（sex-determining region Y）。SRY 基因的编码产物可能是一种 DNA 结合转录因子。SRY 基因仅在睾丸组织中特异性表达；其表达和原始性腺的分化时相一致；XY 女性个体中的 SRY 基因发生突变；将 SRY 基因转入 XX 小鼠受精卵，最后发育成雄性小鼠。此外，Page 等后来证实，他们分析的 X，Y：22 易位女性正好发生 1A1 缺失。综上所述，SRY 基因作为 TDF 基因的证据最充分。但是，要弄清性别决定的遗传机制还有漫长的道路。

第三节　Y 染色体特异性探针在性别鉴定中的应用

一、Y 染色体结构特点

Y 染色体全长大约 70 000kb。按 5%编码蛋白质计算，Y 染色体至少应有 30 个结构基因。目前已肯定位于 Y 染色体上的基因包括 ZFY 等四个。Goodfellow 将 Y 染色体分为 4 个区（图 5—5—1），分别为：①X-Y同源、减数分裂配对区；②含性别决定基因的

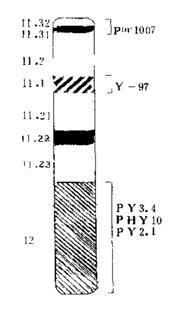


图 5—5—1　Y 染色体高分辨模式图及主要 Y 染色体特异性探针的定位

睾丸决定因子区；③长臂常染色质区；④长臂异染色质、遗传惰性区。第一区中包括 Y 染色体短臂的绝大部分。该区包括一种假常染色体区 (pseudoautosomal region PAR)。PAR 位于 Y 染色体短臂远端，长 2 500kb，X 染色体短臂远端同样具有 PAR。X 和 Y 染色体在 PAR 处 DNA 顺序呈同源性，减数分裂时可发生交换，该处的多态 DNA 标记以类似常染色体的方式遗传。X 染色体 PAR 处基因和 DNA 不受赖昂作用的影响。第二区中除 TDF 位点及 ZFY 外，还含有 α-卫星家族。α-卫星家族是一种很有应用潜力的 DNA 重复顺序，其染色体特异性强。第三区含有控制精子发生的 AZF 位点。第四区长度在人群中个体间存在变异，这种变异性不影响性别分化。该区异染色质部分含高度重复 DNA 顺序。异染色质区长 3 000—4 000kb。

二、重组 DNA 技术

重组 DNA 技术是通过各种方法获得外源 DNA 片段(含单克隆的“目的基因”)，选择合适载体（质粒、噬菌体和酵母染色体等)，在体外与还源 DNA 片段重组，共同转移到适合的宿主细胞，使宿主细胞能够按人们的意愿发生遗传特性的改变，即“目的基因”的正确表达。完成这一复杂过程涉及许多方法和手段。下面介绍一下基因水平性别鉴定有关的几个概念和方法。

1. 限制性内切酶 (restriction endonuclease)　它是重组 DNA 技术中最重要的工具酶，它能识别双链 DNA 中的特定核苷酸序列，并切割双链 DNA。有些限制性内切酶切割 Y 染色体 DNA 后产生特异性片段。

2. 探针 (probe)　能够通过分子杂交方法探查互补或同源 DNA 或 RNA 分子的核酸片段，可以是 DNA 片段，亦可是 RNA 片段。用 Y 染色体特异性的 DNA 片段作探针，可检测样品中有无 Y 染色体 DNA，用于性别鉴定。

3. DNA 克隆 (DNA cloning)　指获得大量相同拷贝的特定 DNA 片段的过程。用作探针的 DNA 片段，在体外与质粒（细菌染色体外能自主复制的环状 DNA 分子）连接，把重组质粒引人受体菌后，可通过扩增细菌、纯化质粒、插入片段分离等过程得到大量探针 DNA 片段。

4. DNA 斑点杂交 (DNA dot hybridization)　先将待测 DNA 样品点在硝酸纤维素膜或尼龙膜上，然后再在适当条件下与探针杂交的过程。其主要特点是 DNA 不用限制性内切酶消化和凝胶电泳分离；完整的和发生降解的 DNA 分子均可用于分析，不影响杂交效果；该法操作简单。通过 DNA 斑点杂交无法测定杂交片段长短，不能排除 DNA 污染

对杂交信号的干扰，其结果只能用阳性或阴性表示。由于性别鉴定只涉及到确定 Y 染色体有无，因而可用此法进行。

5. Southern 印迹杂交（Southern blot hybridization）　是目前应用最广的一种核酸分子杂交方法。该法是 Southern 在 1975 年创建的。DNA 首先经限制性内切酶消化，凝胶电泳分离后转移到硝酸纤维素膜或尼龙膜上，在适当条件下杂交、洗膜，最后通过放射自显影或其它方法检测杂交情况。本法不仅能确定待测 DNA 中是否存在探针的互补或同源片段，还能根据 DNA 片段的泳动距离计算出杂交片段的长短，同时还可能排除污染 DNA 对杂交结果的影响。因此，Southern 印迹杂交法应该作为基因水平性别鉴定的首选方法。

三、Y 染色体特异性探针及其制备

（一）Y 染色体特异性探针

Y 染色体 DNA 顺序具有人类基因组 DNA 的共性，同时也呈现其特殊性。Y 染色体上有许多 DNA 顺序是 Y 染色体特异的。检测这些 Y 染色体特异顺序，可反映 Y 染色体存在与否，从而进行性别鉴定。迄今为止，通过重组 DNA 技术已克隆分离出 100 多种 Y 染色体特异的 DNA 片段。这些片段不包括在 X 染色体上有同源顺序的 Y 染色体 DNA 片段。利用这些 DNA 片段作探针可分析 Y 染色体的结构，绘制 Y 染色体的遗传和物理图谱。但并不是所有这些 DNA 片段都可用作性别鉴定的探针。遗传学意义上的 Y 染色体特异顺序是指在 X 染色体上无同源或相关顺序。实际上 Y 染色体特异性 DNA 片段中，有些在常染色体上存在同源或相关顺序。这部分 DNA 片段就不能用作性别鉴定的探针。在已克隆的 Y 染色体特异性 DNA 片段中，至少有 10 个属于 DNA 重复顺序。

适于作性别鉴定的探针必须是 Y 染色体特有的 Y 染色体特异性 DNA 片段。而且应该是与 TDF 位点越近越好。性反转个体的性别鉴定则最好使用代表 TDF 位点的探针。尽管 ZFY 基因在 X 染色体上有同源顺序，但 ZFY 一定存在有与 ZFX 不同的顺序，利用这段不同的顺序（Y 染色体特异）作探针，便可识别 XX 男性。但 ZFY 探针不能检出缺少 ZFY 的 XX 男性。

（二）Y 染色体特异性探针的分离

Y 染色体特异性 DNA 片段的克隆分离技术比较复杂。这主要是对单拷贝 Y 染色体特异性 DNA 片段而言。Y 染色体特异性重复顺序的克隆分离工作相对容易一些。克隆分离单拷贝 Y 染色体特异性 DNA 片段，首先要获得大量 Y 染色体。通过流式细胞分选器可分离仅含 Y 染色体的组份，亦可通过细胞融合技术获得仅含一条或几条人染色体的人一鼠杂交细胞。从上述染色体或细胞中提取 DNA，构建包括全部或部分 Y 染色体 DNA 的克隆群体（又称 Y 染色体特异性基因文库），从构建的克隆群体中筛选出能与男

性（46，XY）DNA杂交而不与女性（46，XX）DNA杂交的克隆片段，即得到Y染色体特异的DNA片段。进一步经过严格条件筛选，选出只能和Y染色体DNA杂交，在常染色体或X染色体均无同源顺序的DNA片段，就可用于性别鉴定。Y染色体特异性重复顺序可直接经限制性内切酶消化后从电泳胶中分离，继而克隆到适当载体（主要为质粒载体）中。目前法医学性别鉴定中所使用的探针大都是Y染色体特异性重复顺序。这主要是因为重复顺序容易检测。

第一个用于性别鉴定的Y染色体特异性探针是由美国加州大学简悦威实验室于1984年克隆分离出来的。该探针DNA属于Y染色体特异性重复顺序，位于Y染色体长臂的异染色质区，即Yq12。Y染色体异染色质区的DNA经限制性内切酶HaeⅡ消化，可得到长3.4kb和2.1kb两种片段。这两段DNA顺序均是Y染色体特异的，约占Y染色体总DNA的50%。Y染色体上存在约5 000拷贝3.4kb重复顺序。简悦威实验室的科学家首先经限制性内切酶HaeⅡ消化男性基因组DNA，1.2%琼脂糖凝胶电泳分离，再从电泳凝胶中分离3.4kbDNA片段，最后克隆到质粒pBR322 EcoRI位点处，构建成含3.4kbY染色体特异性重复顺序的重组质粒，命名为pY3.4。3.4kbY染色体特异性探针是目前应用比较多的Y染色体特异性探针。它对男性DNA的亲和力比对女性DNA的亲和力大1000倍。由于正常男性群体中存在Y染色体长臂异染色质区缺失的个体（～1/1000），正常女性群体中存在Y染色体长臂异染色质区易位的携带者（1/3000），应用3.4kbY染色体特异性探针进行性别鉴定时会有假阴性或假阳性结果。另外，2.1kbY染色体特异性重复顺序也克隆分离成功，命名为pY2.1。日本Y. Nakahori等从Y染色体长臂异染色质区克隆出一种与pY3.4顺序相同的Y染色体特异性重复顺序。称为pHY10。pY3.4和pHX10是迄今为止有关法医性别鉴定文献报告中所使用的最主要的探针（图5—5—1）。

α-卫星家族是唯一表现Y染色体特异性的重复DNA顺序。Y染色体上α-卫星DNA顺序经限制性内切酶EcoRI消化可检测出一高度重复结构，其长度为5.5kb。这种重复结构在Y染色体上有大约200个拷贝，每个重复结构含多个170bp长的重复单位。P. N. Goodfellow等已将5.5kb的重复结构克隆分离出来，并命名为Y-97。Y-97将能够克服pY3.4（pHY10）和pY2.1等探针的缺点，加上其特异性强，势必会得到更广泛的应用。

（三）Y染色体特异性探针的标记

Y染色体特异性探针要标以放射性同位素或生物素等非放射性同位素才能用于核酸分子杂交、进行性别鉴定。根据探针标记过程中使用的标记物不同，将核酸探针分为放射性同位素探针和非同位素探针两类。放射性同位素探针应用比较早，技术和方法比较成熟、稳定，且检测灵敏度高。但是由于放射性同位素价格昂贵、具有生物危害、保存和运输不便，存在半衰期问题，放射性同位素探针不稳定、标记过程中放射性污染及污

物处理不易解决、放射自显影检测样品所需时间长。因此，促使了非同位素探针的发展。目前已建立多种非同位素探针制备方法。这些方法可归纳为生物素标记法、蛋白质标记法和半抗原标记法三类。非同位素探针在有些领域已开始取代放射性同位素探针。但目前所有非同位素探针制备及杂交方法都不同程度地存在不完善的、不成熟的地方。因此，还不可能完全取代放射性同位素探针。

探针标记是重组 DNA 技术中的常规方法，可采用多种不同程序或途径将标记物渗入探针DNA 中。现已报道的 Y 染色体特异性探针标记方法有缺口平移法、随机引物延伸法和 RNA 聚合酶法。

1. 缺口平移法 (nick translation)　是目前广为采用的标记DNA 的方法。反应过程为：

(1) 首先用极微量 (pg 级) 的 DNA 聚合酶 I 作用于待标记的 DNA (100—400ng)，使之产生缺口，造成 5'—磷酸末端和 3'—羟基末端，以便使 DNA 聚合酶 I 有附着处 (该酶不能附着在无缺口的完整双链上)；

(2) 向反应体系中加入四种脱氧核苷三磷酸底物 (其中至少有一种带有放射性或非放射性标记) 和 DNA 聚合酶 I，DNA 聚合酶 I 会附于缺口上，利用其 5'—3' 外切酶活性从 5'—磷酸末端将脱氧核苷酸一个一个地切除，同时利用其 5'—3' 聚合酶活性从缺口处 3'—羟基末端以另一条互补链为模板将四种脱氧核苷三磷酸一个一个地连接起来。

通过上述反应，就会使带有标记的底物渗入到新合成的 DNA 链中。

2. 随机引物延伸法 (random primering)　应用随机顺序的六核苷酸作引物，与待标记的 DNA 杂交，通过大肠杆菌 DNA 聚合酶 I Klenow 片段 (仅保留 5'—3' 聚合酶活性) 酶促合成互补 DNA 链，将带有放射性或非放射性标记的脱氧核苷三磷酸渗入其中。其反应步骤包括：①加热变性待标记的 DNA (50—100ng)；②在适当缓冲条件下混合变性 DNA、引物和反应底物；③加入 Klenow 片段、混匀后室温或 37℃反应 (杂交和 DNA 合成反应同时完成)。随机引物延伸法标记率高，所需 DNA 量少，是标记 DNA 的常用方法之一。

3. RNA 聚合酶法　本法利用质粒 pGEM 克隆和转录系统能产生高标记率的 RNA 探针。待标记的 DNA 片段首先要克隆到一种特殊的质粒载体 (pGEM 系列) 中，这种载体含 SP6 和 T7 启动子顺序，两种启动子顺序之间为多克隆位点。待标记的 DNA 就克隆到多克隆位点处。SP6 RNA 聚合酶和 T7 RNA 聚合酶特异性强，它们能分别特异地识别 SP6 启动子顺序和 T7 启动子顺序，始动转录。因此，用带有放射性或非放射性标记的核苷三磷酸作底物，能合成单链 RNA 探针。RNA 聚合酶法合成的 RNA，其顺序可以和 DNA 片段一致或互补。此法所得探针可检出少至 500fg 的 DNA 或 RNA 样品。

四、Y 染色体特异性探针在血痕性别鉴定中的应用

应用 Y 染色体特异性探针，通过重组 DNA 技术进行法医学生物物证材料的性别鉴定工作集中于微量干血痕。其它物证材料的基因水平性别鉴定工作尚无报道。1986 年，Tyler 等首次报告应用 pY3.4 探针，通过重组 DNA 技术鉴定微量干血痕的性别。

应用重组 DNA 技术进行微量干血痕的性别鉴定工作涉及一些复杂的技术性工作。获得的血痕标本首先要经过处理，提取 DNA。Tyler 等最初通过碱性裂解液（0.2mole/L NaOH－2.0mole/L NaCl）直接裂解细胞同时用变性 DNA 的方法提取 DNA。但这种方法有一定的局限性，比较适用于 DNA 斑点杂交。现在，多数采用提取 DNA 的常规方法，即"蛋白酶 K—SDS（十二烷基磺酸钠）一酚"法，提取血痕标本的 DNA。用这种方法提取的 DNA 质量比较好，适于 DNA 斑点杂交和 Southern 印迹杂交。

关于检测 Y 染色体特异顺序的杂交方法，主要有上面提到的 DNA 斑点杂交和 Southern 印迹杂交。前者不能排除 X 染色体 DNA 等非特异性杂交的影响，适于 DNA 明显发生降解的情况；后者显示特异性的杂交带，不受非特异性杂交的影响。因此，我们推荐使用 Southem 印迹杂交技术。注意操作，可避免 DNA 在提取过程中发生破坏。此外，McNally 等报告，紫外线、加热、湿度和土壤污染对血痕 DNA 的影响不大。

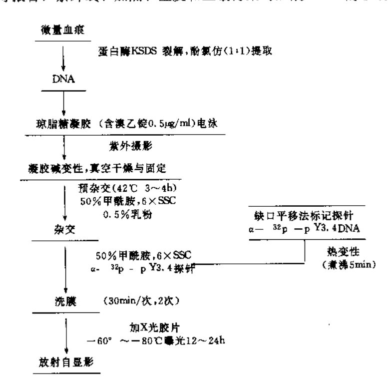


图 5—5—2　血痕性别鉴定的流程图

血痕量的大小反映检测的灵敏度。Tyler 等最初用 10μl EDTA 抗凝血制备血痕，通过 DNA 斑点杂交，可获得十分强的杂交信号（曝光强度或杂交斑点密度）。若用非抗凝血制备血痕，血痕量就得大一些才能适于分析。由于在技术上不断改进，现在可以检测少于 1μl 的微量干血痕或短于 0.5cm 的带血棉花纤维丝。长达 20 年以上的微量干血痕也能通过 DNA 分析鉴定性别。

如何提高 Y 染色体特异顺序的灵敏度：

1. 提高探针的标记率，如使四种（脱氧）核苷三磷酸都带有标记物，或采用随机引物法或 RNA 聚合酶法；

2. 应用 Y 染色体特异性重复顺序探针、且重复频率越高越好，如 pY3. 4；

3. 发展新技术，如 PCR（见下节）。

放射性同位素探针的应用在实施过程中受到许多因素的限制，要使 DNA 分析变成法医常规手段，必须发展非同位素探针。值得庆幸的是非同位素探针在微量干血痕性别鉴定的研究和应用上已获得成功。日本 Kobayashi 等和 Yokoi 等在各自的工作中，采用生物素法制备探针进行 Y 染色体特异顺序的检测并与放射性同位素探针作了比较。他们发现，生物素探针是可以用于检测 Y 染色体特异性重复顺序的，只是检测灵敏度低于放射性同位素探针，是放射性同位素探针的 1/14—15，血痕量需 50μl 左右。可以相信，不久的将来，非同位素探针将完全取代放射性同位素探针用于性别鉴定。

国内，和中年等于 1988 年报告了应用 pY3. 4 探针成功地完成微量干血痕性别鉴定的工作，并在技术上有所改进。他们通过凝胶原位杂交技术（DNA 经琼脂糖凝胶电泳后直接干燥，然后杂交），免去了传统的 Southern 印迹转移、DNA 亦不经限制性内切酶消化这一工作引起了国内外的注意。

其操作过程如图 5—5—2 所示。

第四节 聚合酶链式反应及其在性别鉴定中的应用

一、聚合酶链式反应

聚合酶链式反应（polymerase chain reaction；PCR）是一种引物定向的 DNA 体外酶促扩增技术，是用 DNA 聚合酶在体外系统中诱发一对引物间特定 DNA 双链的合成过程。PCR 技术具有敏感、特异、产率高、操作简便、易自动化等优点，目前已广泛应用于基础分子生物学的研究、遗传研究及遗传咨询、临床实践和法医识别等多个领域。

PCR 技术的前提是首先合成两个分别与待扩增 DNA（靶 DNA）两侧相对 DNA 链互补的寡核苷酸片段作引物。两个引物决定靶 DNA 扩增的特异性。PCR 扩增包括待扩增 DNA 加热变性、引物与靶 DNA 两侧的互补 DNA 退火和 DNA 聚合酶催化退火引物延伸三步反复循环的反应周期（图 5—5—3），加热变性使待扩增 DNA 双链分开；降低温度

后，引物在靶 DNA3' 侧与待扩增 DNA 复性；在适当温度下，DNA 聚合酶催化互补链合成。合成从引物 3' 羟基端开始，沿靶 DNA3'—5' 方向合成新的互补链，完成引物延伸，是为一个周期。再加热变性后，新合成的互补链还可作为引物的模板。由于每个连续反应周期使前一周期合成的 DNA 量加倍，靶 DNA 将呈指数积累，经过 n 个反应周期后，靶 DNA 将扩增 2^n 倍。PCR 是一种酶促反应，它同样遵循酶促反应动力学原理。当靶 DNA 指数积累到一定程度时，酶的催化反应趋于饱和，靶 DNA 的浓度不再增加，进入平台期。待扩增 DNA 中靶 DNA 拷贝数越多，PCR 扩增效率越高，到达 PCR 平台期所需的反应周期次数越少。

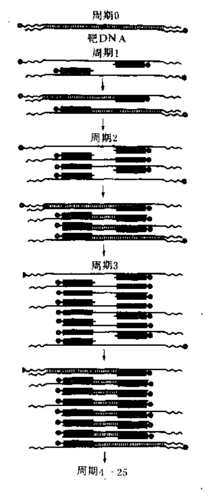


图 5—5—3 PCR 原理示意图

PCR 技术最先由美国 Cetus 公司的科学家设计、推出的。最初应用于 PCR 的 DNA 聚合酶是大肠杆菌 DNA 聚合酶 I 的 Klenow 片段。该酶对热不稳定，每个反应周期需添加新鲜酶，合成片段不均一，有一定错误率、新近分离的热稳定的 Taq DNA 聚合酶能够在周期性反应过程中克服 Klenow 片段的缺点。Taq DNA 聚合酶在 96℃条件仍保持催化活性，它催化的 PCR 特异性强，不必每个反应周期都添加，同时使 PCR 自动化成为现实。

PCR 技术中所用的引物可通过化学法合成。目前有亚磷酰胺法和磷酰胺法两类，并都已自动化。寡核苷酸片段还可像商品一样订购，但需首先提供给有关公司所需寡核苷酸的顺序。

二、聚合酶链式反应在性别鉴定中的应用

PCR 技术自 1985 年创建以来，经过不断改进和完善，已更加发挥了它的应用潜力。它可以用一根毛发、一滴血，甚至一个细胞作为材料来扩增足够量的 DNA 用于分析。

通过 PCR 技术扩增 Y 染色体特异性 DNA 顺序，可以进行性别鉴定。PCR 扩增后，扩增产物可直接通过电泳方法检测，无需使用探针，免去了核酸分子杂交过程。PCR 检测 Y 染色体特异顺序具有简便、快速、高度敏感和准确等特点。因此，PCR 更适合法医生物物证标本的性别鉴定，它可能是微量、陈旧性物证标本的最佳性别鉴定方法。

1989 年，波兰科学家 Witt 和美国科学家 Erickson 合作，首先应用 PCR 技术，扩增

微量干血痕中的DNA，直接进行了性别鉴定的研究工作。他们根据人类Y染色体α-卫星家族DNA顺序的特点，设计一对能扩增170bp重复单位的引物。经过30个反应周期后，直接电泳观察扩增结果。另外，他们同时使用一对能特异性扩增X染色体α-卫星家族DNA顺序130bp重复单位的引物进行PCR扩增。因此，PCR扩增后男性可观察到170bp和130bp两条电泳带，而女性只能看到一条130bp长的电泳带。应用PCR技术进行微量干血痕的性别鉴定，DNA提取方法简单、省时，整个工作可在一天之内完成。可检测少至5μl或保存达8年的血痕标本。

在Witt和Erickson的报告之前，Kogan等就将PCR技术成功地应用于甲型血友病高危胎儿的产前性别诊断。Kogan等设计一对能特异性扩增Y染色体3.4kb特异性重复顺序的引物来扩增绒毛DNA，在男性胎儿中能观察到154bp长的扩增片段，而女性中则无此片段。我们在Kogan等的工作基础上，通过PCR技术也成功地进行了微量干血痕的性别鉴定工作。我们的研究结果提示，PCR技术完全可以检测出1μl级的微量干血痕。

最近，德国三位科学家应用PCR技术直接扩增ZFY基因，进行性别识别。由于实验所用的一对引物当中，有一个是根据ZFY氨基酸顺序推测的，所以，PCR扩增后不能得到ZFY基因单一扩增产物，还有其他区域的非特异性扩增产物。这样ZFY扩增片段（400bp）就需借助ZFY探针监测。

表5—5—1列举了最近PCR技术用于性别鉴定的有关资料，相信会有助于有关读者参考。

表5－5－1　　PCR技术用于性别鉴定的实例

引　物	引物顺序	扩增顺序	扩增产物
Y1	ATGATAGAACGGAAATATG	Y染色体－卫	170bp
Y2	AGTAGAATGCAAAGGGCTCC	星DNA顺序	
X1	AATCATCAAATGGAGATTTG	X染色体－卫	130bp.
X2	GTTCAGCTCTGTGAGTGAAA	星DNA顺序	
Y1.1	TCCACTTTATTCCAGGCCTGTCC	DYZl	154bp
Y1.2	TTGAATGGAATGGGAACGAATGG		
Y1－6F	AATTTGAGCATTCGTGTCCATTCT	DYZl	1024bp
Y1－4R	AATGCCCTTGAATTAAATGGACT		
HTDF2	CACAAAACTTACACTTATGCAT	ZFY	400bp
HTDF3	GAATTCATGAGGAGACCAGAAG		

三、聚合酶链式反应操作程序

（一）DNA制备

1. 血痕标本浸于3ml0.85%NaCl溶液中，37℃孵育2h或浸于3ml含100μg蛋白酶

K 的 0.85%NaCl 溶液中 37℃孵育 5h（未经 EDTA 抗凝的陈旧性血痕标本）；

2. 移出浸液，10 000r/min 离心 2min 收集细胞，弃上清；

3. 用 83μl 灭菌蒸馏水悬浮细胞；

4. 细胞悬液经 100℃处理 10min 即可用于 PCR 扩增。

（二）PCR 扩增

1. 向加热处理过的 83μl 细胞悬液中加入 10μl 10×反应缓冲液、2μl 20mmol/L dNTP（包括 dATP，dGTP，dCTP 和 dTTP）、2μl 引物 1，2μl 引物 2 和 1μl Taq 聚合酶（2. 5 单位），充分混匀后 10 000r/min 离心 5s；

2. 加 100μl 灭菌液体石蜡于水相上面；

3. 70℃水浴放置 1.5min；

4. 94℃水浴放置 1min；

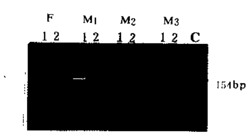
5. 55℃水浴放置 1min；

6. 重复 3、4、5 步反应 30—35 次；

7. 取下层水相 10μl、经 12%聚丙烯酰胺凝胶电泳；

8. 电泳完毕后，用含 0.5μg/ml 溴乙锭染液浸泡电泳胶 20min；

9. 紫外透射仪观察扩增结果（图 5—5—4）。



F 为女性，M1、M2、M3 为男性。
1 为 50μl 干血痕，2 为 10μl 干血痕，
扩增产物长 154bp。C 为阴性对照。
图 5—5—4　通过 PCR 技术扩增干血痕的结果

上述 DNA 制备和 PCR 扩增方法是作者所在实验室所采用的方法。PCR 扩增中所用 Taq 聚合酶为 New England Biolabs 公司产品，10×反应缓冲液由该公司提供，该缓冲液含 700mmol/L Tris－HCl（pH8.8），20mmol/L $MgCl_2$，1%Triton X－100.

（张 学　孙开来　李春彪）

参 考 文 献

1. Lewin B. Gene. 3rd ed.：Wiley 1987.

2. McKusick VA. Mapping and sequencing the human genome. N Engl J Med 1989；320（14）：910－915.

3. Page DC，et al. The sex determining region of the human Y chromosome encodes a finger protein Cell 1987；51：1091－1104.

4. Goodfellow PN, et al. The human Y chromosome. J med Genet 1985; 22 : 329—344.
5. Sensabaugh GF & GrimD. Forensic biology—is recombinant DNA technology in its future? J Forensic Sci 1986; 31 (2) : 393—396.
6. Lau YF, et al. A rapid screening test for antenatal sex determination. Lancet 1984, I : 14—16.
7. Bishop CE, et al. Single-copy DNA sequences specific for the human Y chromosome. Nature 1983; 303 : 831—832.
8. Wolfe J, et al. Isolation and characterization of an alphoid centromeric repeat family from the human Y chromosome. J Mol Biol 1985; 182 : 477—485.
9. Tyler MG, et al. Human blood stains identification and sex determination in dried blood stain using recombinant DNA techniques. Forensic Sci Int 1986, 31 : 267—272.
10. Gill PA. A new method for sex determination of the donor of forensic samples usinga recombinant DNA probe. Electrophoresis 1987, 8 : 35—38.
11. Kobayashi R, et al. Sex identification in fresh blood and dried bloodstains by a non-isotopic deoxyribonucleic acid (DNA) analyzing technique. J. Forensic Sci 1988, 33 : 613—620.
12. Fukushima H, et al. Identification of male bloodstains by dot hybridization of human Y chromosome-specific deoxyribonucleic acid (DNA) probe. J. Forensic Sci 1988; 33 : 621—627.
13. Kobayashi R, et al. Application of a nonisotopic Southern hybridization method for sex determination from bloodstains found in criminal spots. Japanese J Legal Med. 1989; 43 : 58—63.
14. Kobayashi R & Matsuzawa S. Sex determination of bloodstains by the use of a ribonueleic acid (RNA) probe. J Forensic Sci 1989; 34 : 1078—1081.
15. Yokoi T & Sagisaka K. Sex determination of blood stains with a recombinant DNA probe : comparison with radioactive and non-radioactive labelling methods. Forens Sci Intern 1989; 41 : 117—124.
16. 和中年，等。用 Y-染色体特异性探针鉴识微量干血痕性别的研究。中国法医学杂志 1988; 3 : 8—10。
17. He ZN, et al. A study of sex determination of trace, dried bloodstains using a Y-chromosome-specific DNA. J Forensic Sci 1989; 34 : 346—351.
18. McNally L, et al. Evaluation of deoxyribonucleic acid (DNA) isolated from human bloodstains exposed to ultraviolet light, heat, humidity, and soil contamination. J

Forensic Sci 1989; 34 : 1059—1069.

20. Vosberg HP. The polymerase chain reaction: an improved method for the analysis of nucleic acid. Hum Genet 1989; 83 : 1—15.

21. Saiki RK, et al. Enzymatic amplification of β—globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. Science 1985; 230 : 1350—1354.

22. Kogan SC, et al. An improved method for prenatal diagnosis of genetic disceses by analysis of amplified DNA sequences. N Engl J Med 1987; 317 : 985—990.

23. Witt M, Erickson RP. A rapid method for detection of Y—chromosomal DNA from dried blood specimens by the polymerase chain reaction. Hum Genet 1989; 82 : 271—274.

24. Ebensperger C, et al. Specific amplification of the ZFY gene to screen sex in man. Hum Genet 1989; 82 : 289—29.

25. 张学，等。应用聚合酶链式反应进行微量干血痕的性别鉴定，中国医科大学学报 1990; 19 (6) : 466。

26. Chang H & Sun KL. Application of PCR technique in sex determination of dried bloodstains The 3rd SCBA International symposium and workshop 1990. 6.

27. 中込弥男，等。PCRによる性の判定，実験医学 1990; 8 (9) : 1201—1205。

28. McLaren A. What makes a man a man? Nature 1990; 346 : 216—217.